



Universidad de Oviedo

Programa de doctorado en Ciencias de la Salud

Evaluación de la memoria espacial en edades tempranas: uso de estrategias egocéntrica y alocéntrica

Cristina Fernández Baizán

Tesis doctoral

2020



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: Evaluación de la memoria espacial en edades tempranas: uso de estrategias egocéntrica y allocéntrica	Inglés: Spatial memory evaluation in early ages: use of egocentric and allocentric strategies
2.- Autor	
Nombre: Cristina Fernández Baizán	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: Ciencias de la salud	
Órgano responsable: Universidad de Oviedo	

RESUMEN (en español)

La memoria espacial, la capacidad que nos permite aprender y recordar información de carácter visual y espacial, emerge temprano en la infancia, permitiendo, ya en momentos precoces, retener dicha información durante breves periodos de tiempo o modificarla y manipularla. No obstante, su desarrollo entre el primer y segundo año de vida aún no ha sido muy estudiado. En momentos posteriores de la infancia los niños serán capaces de usar dichas habilidades mnésicas para moverse por su entorno y llegar a un lugar meta. Esta capacidad llamada orientación espacial depende principalmente de dos tipos de estrategias: egocéntrica, que toma como punto de referencia al propio individuo, y allocéntrica, que emplea claves externas ambientales. Si bien la orientación allocéntrica ha sido estudiada en la infancia, la egocéntrica ha recibido menos atención, lo que hace difícil poder comparar directamente entre estrategias. En la vida adulta, aunque ambos tipos de orientación están completamente desarrollados, parecen existir diferencias de acuerdo con el género, donde los hombres superan a las mujeres en la estrategia allocéntrica, y con la edad, apuntando a un progresivo deterioro del marco allocéntrico en el envejecimiento saludable. No obstante, tampoco existen muchos datos acerca de la comparación directa entre ambas estrategias de información tanto en población adulta joven como en el envejecimiento. Por último, si bien las habilidades de memoria y orientación espacial han sido examinadas principalmente en población sana, el rendimiento de algunas otras poblaciones potencialmente vulnerables a desarrollar problemas cognitivos, como los nacidos prematuros, no ha sido examinado en profundidad.

Por ello, los objetivos que nos hemos planteado han sido (1) conocer el desarrollo evolutivo de la memoria corto plazo y de trabajo visoespacial en primera infancia en niños nacidos a término y prematuros (12, 15, 18 y 22 meses), comparando su ejecución entre grupos, según su edad y poniéndola en relación con su rendimiento cognitivo, conducta y temperamento; (2) analizar el desarrollo de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en niños a término y prematuros de muy bajo peso (de 5 a 7 años), comparando ambos grupos en ambas estrategias y poniendo en relación su desempeño con otras funciones neuropsicológicas de tipo visoespacial, con su conducta y con el nivel de cortisol, y (3) analizar el funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica examinando su curso a lo largo del ciclo vital, desde la infancia hasta la vejez, comparando así el rendimiento en tres grupos de edad (niños, adultos-jóvenes y mayores), considerando el género de los participantes y asociando su ejecución con otras medidas neuropsicológicas.

Nuestros hallazgos apuntan a que la memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial está afectada en la población prematura menor de dos años, encontrando diferencias a los 12 y 22 meses. Los niños prematuros y nacidos a término parecieron mostrar diferentes patrones de desarrollo a los 22 meses en comparación con edades más precoces, mejorando los niños a término todos los aspectos de la memoria registrados, pero solo incrementando el tiempo de duración de la memoria en los prematuros. Tanto en niños controles como en prematuros, el rendimiento en memoria visoespacial estuvo asociado con su rendimiento cognitivo generalizado, con su comportamiento mostrado en la evaluación y con la presencia de un estilo temperamental difícil. Por otra parte, los niños prematuros de bajo y extremadamente bajo peso al nacer presentaron dificultades en su memoria visoespacial y su orientación espacial allocéntrica, cuyo rendimiento parece relacionarse con el funcionamiento de las habilidades visoespaciales. En controles y prematuros, no hemos hallado mejor rendimiento en una estrategia de orientación que en otra.



En niños controles, sí hallamos que su rendimiento en orientación se asocia con los niveles de cortisol, con la presencia de conductas adaptativas o desadaptativas y con el rendimiento en memoria espacial en contextos cotidianos. Por último, parece que el curso de desarrollo de la orientación espacial en el ciclo vital forma una "U" invertida, donde tanto los niños de 5 a 7 años como los ancianos obtienen menor rendimiento que el grupo adulto joven. Mientras que los hombres jóvenes superaron a las mujeres en memoria egocéntrica y allocéntrica, mujeres mayores consiguieron mantener su estrategia egocéntrica durante más tiempo que los varones. Finalmente, solo las mujeres jóvenes obtuvieron un rendimiento superior en la prueba allocéntrica en comparación con la egocéntrica.

RESUMEN (en Inglés)

Spatial memory, the capacity to learn and remember visual and spatial information, emerges early in childhood, making it possible, even at early ages, to retain this information for short periods of time or modify and manipulate it. However, its development between the first and second year of life has not yet been widely studied. In later childhood, children will be able to use these mnemonic skills to move around their environment and reach a target place. This capacity, called spatial orientation, depends mainly on two types of strategies: egocentric, which take the individual him/herself as a reference point, and allocentric, which employ environmental external cues. Although allocentric orientation has been studied in childhood, egocentric orientation has received less attention, making it difficult to compare these strategies directly. In adult life, although both types of orientation are fully developed, differences seem to exist according to gender, where men outperform women on the allocentric strategy, and age, with progressive deterioration in the allocentric framework in healthy aging. However, there are also few data on the direct comparison of the two information strategies in adult and older populations. Finally, whereas memory and spatial orientation skills have mainly been examined in healthy populations, the performance of some other populations that are vulnerable to developing cognitive problems, such as those born prematurely, has not been examined in depth.

Therefore, the aim we proposed is: (1) to understand the development of short-term memory and visuospatial memory in early childhood in children born at term and prematurely (12, 15, 18, and 22 months), comparing the performance of the groups according to their age and relating it to their cognitive performance, behavior, and temperament; (2) to analyze the development of the egocentric and allocentric spatial orientations in term-born and very low and extremely low-weight preterm children (5 to 7 years old), comparing the groups on both strategies and relating their performance with other visuospatial neuropsychological functions, their behavior, and their cortisol level; and (3) analyze the functioning of egocentric and allocentric spatial orientation throughout the life cycle, from childhood to old age, comparing performance in three age groups (childhood, young-adulthood, and aging), considering the gender of the participants and associating their performance with other neuropsychological measures.

Our findings point out that visuospatial short-term and working memory were affected in the preterm population under two years of age, with differences found at 12 and 22 months. Preterm and term-born infants seemed to show different developmental patterns at 22 months, compared to earlier ages: term-born children improved on all the recorded aspects of memory, but preterm children only increased the length of memory duration. In both control and preterm children, visuospatial memory performance was associated with overall cognitive performance, with their behavior shown during the assessment, and with the presence of a difficult temperamental style. On the other hand, low and extremely low birth weight preterm children presented difficulties in visuospatial memory and allocentric spatial orientation, and their performance seemed to be related to the functioning of visuospatial skills. We did not find better performance on one orientation strategy than the other, or in controls over preterm children. In control children, we did find that their performance on orientation was associated with their cortisol levels, with the presence of adaptive or maladaptive behaviors, and with their performance on spatial memory in everyday contexts. Moreover, the developmental course of spatial orientation in the life cycle seems to form an inverted "U", where both 5 to 7-year-old children and the elderly perform worse than the young adult group. Whereas young men outperform women on egocentric and allocentric memory, older women manage to maintain their egocentric strategy longer than older men. Finally, only young women perform better on the allocentric test than on the egocentric test.



FORMULARIO RESUMEN DE TESIS POR COMPENDIO

1.- Datos personales solicitante	
Apellidos: Fernández Baizán	Nombre: Cristina

Curso de inicio de los estudios de doctorado	2016
--	------

	SI	NO
Acompaña acreditación por el Director de la Tesis de la aportación significativa del doctorando	X	

Acompaña memoria que incluye

	SI	NO
Introducción justificativa de la unidad temática y objetivos	X	
Copia completa de los trabajos *	X	
Resultados/discusión y conclusiones	X	
Informe con el factor de impacto de las publicaciones	X	

Se acompaña aceptación de todos y cada uno de los coautores a presentar el trabajo como tesis por compendio	X	
Se acompaña renuncia de todos y cada uno de los coautores a presentar el trabajo como parte de otra tesis de compendio	X	

* Ha de constar el nombre y adscripción del autor y de todos los coautores así como la referencia completa de la revista o editorial en la que los trabajos hayan sido publicados o aceptados en cuyo caso se aportará justificante de la aceptación por parte de la revista o editorial

FOR-MAT-VOA-033

Artículos, Capítulos, Trabajos

Trabajo, Artículo 1

Título (o título abreviado)
Fecha de publicación
Fecha de aceptación
Inclusión en Science Citation Index o bases relacionadas por la CNEAI (indíquese)
Factor de impacto

Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance. <i>Behavioral Brain Research</i> . 2019 Feb 1;359:694-700
28/09/2018
21/09/2018
JCR (SCI) – Behavioral Science
2,770

Coautor2 <input checked="" type="checkbox"/> Doctor <input type="checkbox"/> No doctor . Indique nombre y apellidos
Coautor3 <input checked="" type="checkbox"/> Doctor <input type="checkbox"/> No doctor . Indique nombre y apellidos

Jorge Luis Arias Pérez
Marta Méndez López

Trabajo, Artículo 2

Título (o título abreviado)
Fecha de publicación
Fecha de aceptación
Inclusión en Science Citation Index o bases relacionadas por la CNEAI (indíquese)
Factor de impacto

Spatial orientation assessment in preschool children: Egocentric and allocentric frameworks. <i>Applied neuropsychology: child</i> , 2019 Jul 3;1-23.
03/07/2019
15/06/2019
JCR (SCI) - Psychology
1,528



Coautor2	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor3	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos

Título (o título abreviado)
Fecha de publicación
Fecha de aceptación
Inclusión en Science Citation Index o bases relacionadas por la CNEAI (indíquese)
Factor de impacto

Coautor2	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor3	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor4	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos

Título (o título abreviado)
Fecha de publicación
Fecha de aceptación
Inclusión en Science Citation Index o bases relacionadas por la CNEAI (indíquese)
Factor de impacto

Coautor2	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor3	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor4	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos

Título (o título abreviado)
Fecha de publicación
Fecha de aceptación
Inclusión en Science Citation Index o bases relacionadas por la CNEAI (indíquese)
Factor de impacto

Coautor3	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos
Coautor4	<input checked="" type="checkbox"/> Doctor	<input type="checkbox"/> No doctor	Indique nombre y apellidos

Jorge Luis Arias Pérez
Marta Méndez López

Trabajo, Artículo 3

Development of egocentric and allocentric spatial orientation abilities in children born preterm with very low birth weight. <i>Early Human Development</i> . 2020 Feb;141:104947
02/01/2020
24/12/2019
JCR (SCI) - Pediatrics
1,853

Leticia Alcántara Canabal
Gonzalo Solís Sánchez
Marta Méndez López

Trabajo, Artículo 4

Egocentric and allocentric spatial memory in typically developed children: Is spatial memory associated with visuospatial skills, behavior, and cortisol? <i>Brain and behavior</i> . 2020 Mar 14:e01532.
16/03/2020
22/12/2019
JCR (SCI) – Behavioral Science
2,072

Paula Núñez Martínez
Jorge Luis Arias Pérez
Marta Méndez López

Trabajo, Artículo 5

Spatial memory assessment reveals age-related differences in egocentric and allocentric memory performance. <i>Behavioral Brain Research</i>
27/04/2020
07/04/2020
JCR (SCI) – Behavioral Science
2,770

Jorge Luis Arias Pérez
Marta Méndez López

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a mi directora Marta Méndez todo el apoyo y guía que me ha dedicado durante estos años, depositando en mí una gran confianza que me ha permitido sacar este proyecto adelante. Su disponibilidad y su paciencia no son solo admirables, sino deseables (y me arriesgaría a decir imprescindibles) para cualquier persona que quiera dedicarse a la investigación y la docencia. Igualmente, quiero agradecer a mi tutor Jorge Arias su disposición a compartir su experiencia y amplio conocimiento, así como toda la orientación y supervisión que me ha brindado durante este tiempo, que me ha sido de gran ayuda y lo seguiré siendo en los años futuros. Muchas gracias a los dos por permitirme vivir una experiencia tan relevante para mi formación como investigadora.

Como en todo proyecto de investigación, la colaboración y el trabajo en equipo es fundamental. Por ello, quisiera agradecer a todas las personas que, en algún momento de sus estudios o carrera profesional, han decidido ayudarnos a sacar adelante este proyecto: Marta, Yurena, Andrea, África, Tania, Valentina... No solo todas ellas son personas de una calidad humana excepcional, sino que son (o serán en un futuro próximo) unas profesionales excepcionales en sus respectivos campos. Muchas gracias a todas vosotras por vuestra disposición y espero que vosotras también hayáis podido obtener aprendizajes valiosos de esta experiencia.

Me gustaría también agradecer a mis compañeras de equipo, Candela, Alba, Sara y María, no solo el apoyo moral, sino su predisposición constante a echar una mano en cualquier momento y cuestión que fuera necesaria. Tanto las que todavía estáis como las que habéis seguido vuestro camino fuera del equipo, habéis sido ejemplos de esfuerzo y disciplina. Espero que estos años de duro trabajo se vean recompensados para todas vosotras.

También quiero agradecer a los miembros de la dirección de los centros educativos que nos han permitido el acceso a sus instalaciones y nos ha puesto en contacto con sus alumnos para llevar a cabo esta investigación. Me gustaría destacar especialmente en mis agradecimientos a sus maravillosas profesoras y educadoras, quienes de manera totalmente generosa nos han dedicado su atención y tiempo para hacer más sencilla nuestra labor. También me gustaría agradecer todas las facilidades que nos han brindado desde el servicio de Neonatología del HUCA, dando las gracias especialmente a Gonzalo y a María por todo su trabajo y esfuerzo para que este proyecto saliera adelante. También quiero destacar en mis agradecimientos a Leticia, quien me ha permitido formar parte de su proyecto y con ello, enriquecer no solo mi tesis doctoral, sino mi experiencia como investigadora. Igualmente, quiero dar las gracias al equipo de ingeniería, especialmente a los profesores Juan Ángel Martínez y Miguel Ángel José Prieto, que ha materializado y “dado vida” a un nuevo método de evaluación que ha sido vital en esta investigación.

Gracias también a la profesora Cecilia Guariglia por acogerme en su equipo de investigación durante mi estancia en Roma y compartir sus conocimientos, que no son pocos, conmigo. Aunque todas las investigadoras y profesionales del equipo siempre han estado disponibles e involucradas durante mi estancia, me gustaría destacar especialmente mi

agradecimiento a Maddalena Boccia, quien más tiempo y esfuerzo ha dedicado en mi formación durante ese periodo.

Investigar es un trabajo muy recompensante, pero, en ocasiones, también difícil. Es por ello por lo que esta tesis doctoral tampoco habría sido posible si no hubiera recibido apoyo y soporte incondicional de muchas personas importantes en mi vida. Por ello, doy las gracias a mis padres, por haberme brindado (muchas veces con gran esfuerzo y sacrificio) todas las oportunidades que estaban en su mano para conseguir mis metas. A mi abuela, quien no me ha visto graduarme ni me verá ser doctora, pero cuya resiliencia y bondad han sido (y serán) un ejemplo a seguir. A mi pareja, por tener una paciencia infinita y ser una fuente incondicional de alivio y respiro en los momentos de más estrés. A mis maravillosas amigas, por estar siempre ahí, ya sea para reírnos o para desahogarnos, sin importar cuánto tiempo pase. Infinitas gracias a todos por vuestro apoyo.

Mi último (y me atrevería a decir más importante) agradecimiento va para todas aquellas personas, familias y niños que han sacado un poco de su valioso tiempo para participar en estas investigaciones de forma voluntaria y altruista, con el objetivo último de que este esfuerzo pueda incrementar nuestro conocimiento de la cognición humana y en el futuro, nos permita ayudar a otros. Sin su colaboración esta tesis doctoral no habría sido posible.

Índice

1.	Introducción.....	32
1.1.	Memoria visoespacial	33
1.1.1.	Desarrollo de las capacidades previas a la memoria	33
1.1.2.	Desarrollo de memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo	35
1.1.3.	Bases neuroanatómicas y funcionales de la memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial	37
1.1.4.	Evaluación de la memoria visoespacial antes de los 2 años	38
1.1.5.	¿Por qué evaluar a edades precoces? El papel de la atención temprana	40
1.2.	Orientación espacial	43
1.2.1.	Desarrollo de la orientación espacial durante la infancia (Trabajo original I).....	44
1.2.2.	Funcionamiento en la vida adulta y en la vejez	45
1.2.3.	Bases cerebrales estructurales y funcionales de la orientación espacial.....	47
1.2.4.	Evaluación de la orientación espacial en niños y adultos	51
1.2.5.	El papel del cortisol en la orientación espacial	53
1.3.	Prematuridad.....	55
1.3.1.	Desarrollo cerebral prenatal y postnatal tras el nacimiento prematuro.	56
1.3.2.	Condiciones perinatales, neonatales y posnatales asociadas al nacimiento	58
1.3.3.	Memoria visoespacial y orientación espacial en la prematuridad.....	60
2.	Objetivos.....	62
3.	Material y métodos.....	65
3.1.	Memoria visoespacial en niños prematuros y a término de 12 a 22 meses	66
3.1.1.	Participantes.....	66
3.1.2.	Material y métodos	67
3.1.2.1.	Bebé-mnemo	67
3.1.2.2.	Hide and Seek (HS)	72
3.1.2.3.	Merrill-Palmer Revisada (MP-R)	74
3.1.2.4.	Recogida de factores de riesgo perinatal	75
3.1.3.	Procedimiento.....	77
3.2.	Orientación espacial en niños prematuros y a término de 5 a 7 años	79
3.2.1.	Participantes.....	79
3.2.2.	Material y métodos	79
3.2.2.1.	RIST.....	79
3.2.2.2.	NEPSY-II	80
3.2.2.3.	Test de Memoria Espacial Egocéntrica – Versión infantil	80
3.2.2.4.	Test de Memoria Espacial Allocéntrica – Versión infantil.....	81
3.2.2.5.	Behavior Assessment System for Children (BASC) – Versión para padres.....	82
3.2.2.6.	Versión adaptada de la Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q) – Versión para padres	83
3.2.2.7.	Medición de cortisol	83
3.2.2.8.	Recogida de variables de riesgo perinatal	84
3.2.3.	Procedimiento	84
3.3.	Orientación espacial en infancia, adultez y vejez.....	85

3.3.1.	Participantes.....	85
3.3.2.	Material y métodos	85
3.3.2.1.	RIST.....	85
3.3.2.2.	Montreal Cognitive Assessment (MoCA).....	85
3.3.2.3.	Test de Orientación de Líneas de Benton	86
3.3.2.4.	Amplitud Espacial - CANTAB.....	86
3.3.2.5.	Test de Memoria Espacial Egocéntrica	86
3.3.2.6.	Test de Memoria Espacial Alocéntrica.....	87
3.3.3.	Procedimiento	88
3.4.	Diseño experimental	61
3.5.	Análisis estadísticos.....	90
3.6.	Consideraciones éticas y financiación.....	91
4.	Resultados	92
4.1.	Desarrollo de la memoria visoespacial en niños de desarrollo típico y prematuros menores de dos años.....	93
4.1.1.	Descripción de la muestra a término y prematura de 12 a 22 meses.....	93
4.1.1.1.	Características de los grupos control y prematuro.....	93
4.1.1.2.	Comparación de las características de la muestra a término y prematura según características sociodemográficas y variables de riesgo perinatal.....	96
4.1.2.	Comparación de la memoria visoespacial, desarrollo cognitivo generalizado y conducta, y temperamento entre niños de desarrollo típico y prematuros menores de dos años (Trabajo Original II).....	98
4.1.2.1.	Rendimiento en memoria visoespacial en los niños prematuros y de desarrollo típico menores de dos años	98
4.1.2.2.	Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en la escala Merrill-Palmer Revisada (MP-R)	102
4.1.2.3.	Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en la conducta registrada durante la sesión y estilo temperamental.....	106
4.1.3.	Desarrollo de la memoria visoespacial en niños de desarrollo típico menores de dos años (Trabajo original III)	108
4.1.3.1.	Comparación entre grupos de edad en las variables sociodemográficas	108
4.1.3.2.	Rendimiento en memoria visoespacial entre 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico.....	109
4.1.3.3.	Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico.....	111
4.1.3.4.	Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo, conducta y temperamento a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico	123
4.1.4.	Desarrollo de la memoria visoespacial en niños prematuros menores de dos años (Trabajo Original II)	128
4.1.4.1.	Rendimiento en memoria visoespacial en niños prematuros seguidos a los 12, 15, 18 y 22 meses	128
4.1.4.2.	Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo en los niños prematuros seguidos a los 12, 15, 18 y 22 meses.....	130
4.1.4.3.	Relación entre la conducta y el temperamento con la memoria visoespacial en niños prematuros.....	141
4.1.4.4.	Relación entre los factores de riesgo perinatales, la memoria visoespacial y el desarrollo cognitivo generalizado en niños prematuros	144
4.2.	Orientación espacial egocéntrica y alocéntrica en población infantil a término y prematura.....	148

4.2.1.	Descripción de la muestra a término y prematura de 5 a 7 años	148
4.2.1.1.	Características de los niños a término y prematuros.....	148
4.2.2.	Comparación de la muestra a término y prematura según variables sociodemográficas y de riesgo perinatal.....	150
4.2.3.	Comparación en rendimiento cognitivo general, habilidades visoespaciales y estrategias de orientación egocéntrica y allocéntrica entre población infantil de desarrollo típico y prematuros de muy bajo peso al nacer (Trabajo original IV).....	150
4.2.4.	Análisis del rendimiento en orientación espacial en niños a término de desarrollo típico (Trabajo original V)	153
4.2.4.1.	Curso evolutivo de las habilidades visoespaciales y la orientación egocéntrica y allocéntrica en niños de desarrollo típico	153
4.2.4.2.	Comparación entre ambos marcos de referencia, egocéntrico y allocéntrico, en niños de desarrollo típico	156
4.2.4.3.	Relación de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico con otras variables en niños de desarrollo típico: cortisol salivar, habilidades visoespaciales, comportamiento y memoria en contextos cotidianos	157
4.2.5.	Análisis del rendimiento en orientación espacial en niños prematuros de muy bajo peso al nacer (Trabajo original IV).....	162
4.2.5.1.	Curso evolutivo de la orientación egocéntrica y allocéntrica en niños prematuros de muy bajo peso al nacer	162
4.2.5.2.	Comparación entre ambos marcos de referencia, egocéntrico y allocéntrico, en niños prematuros de muy bajo peso al nacer	163
4.2.5.3.	Relación de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico con otras variables en niños prematuros de muy bajo peso al nacer: factores de riesgo perinatal, habilidades visoespaciales, comportamiento y memoria en contextos cotidianos.	163
4.3.	Orientación espacial egocéntrica y allocéntrica a lo largo del ciclo vital	171
4.3.1.	Orientación espacial en los adultos jóvenes (Trabajo original VI)	171
4.3.1.1.	Comparación entre el marco de referencia egocéntrico y allocéntrico.....	171
4.3.1.2.	Diferencias de género en la orientación egocéntrica y allocéntrica	171
4.3.1.3.	Relación entre el rendimiento en orientación espacial y otras funciones neuropsicológicas	173
4.3.2.	Orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en la infancia: comparativa con adultos jóvenes (Trabajo original VII).....	175
4.3.2.1.	Comparación de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico entre adultos jóvenes y niños de 5, 6 y 7 años	175
4.3.2.2.	Relación entre las tareas de orientación espacial en niños y adultos.....	176
4.3.2.3.	Comparación entre los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico en niños y adultos.....	177
4.3.3.	Orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en el envejecimiento no patológico (Trabajo original VIII).....	178
4.3.3.1.	Comparación de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico entre adultos jóvenes y ancianos.....	178
4.3.3.2.	Comparación entre el marco de referencia egocéntrico y allocéntrico en los ancianos	180
4.3.3.3.	Diferencias de género en la orientación egocéntrica y allocéntrica entre adultos jóvenes y ancianos.....	180
4.3.3.4.	Relación entre el rendimiento en orientación espacial y otras funciones neuropsicológicas en los ancianos.....	181
4.3.4.	Orientación espacial a lo largo del ciclo vital: funcionamiento en la infancia y en el envejecimiento no patológico.....	183

5. Discusión	184
5.1. Memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo en niños prematuros y a término	185
5.1.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?.....	185
5.1.2. Diferencias entre prematuros y a término de 12 a 22 meses en memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo, desarrollo generalizado, conducta y temperamento.....	187
5.1.2.1. Comparación entre prematuros y a término en memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo.....	187
5.1.2.2. Comparación entre prematuros y a término en desarrollo generalizado.....	193
5.1.2.3. Comparación entre prematuros y a término en conducta durante la evaluación y estilo de temperamento.....	194
5.1.3. Desarrollo evolutivo de la memoria visoespacial en niños a término de 12 a 22 meses	197
5.1.4. Relación entre las distintas medidas de memoria visoespacial, desarrollo cognitivo, conducta y temperamento en niños de desarrollo típico de 12 a 22 meses	202
5.1.4.1. Relación entre las subtareas Bebé-mnemo	202
5.1.4.2. Relación de la tarea Bebé-mnemo con las tareas Hide and Seek y la escala de desarrollo Merrill-Palmer.....	203
5.1.4.3. Relación de la tarea Bebé-mnemo con la conducta mostrada durante la sesión y el temperamento..	206
5.1.5. Desarrollo evolutivo de la memoria visoespacial en niños prematuros seguidos longitudinalmente de 12 a 22 meses.....	208
5.1.6. Relación entre las distintas medidas de memoria visoespacial, desarrollo cognitivo, conducta y temperamento en niños prematuros de 12 a 22 meses	212
5.1.6.1. Relación entre las subtareas Bebé-mnemo	212
5.1.6.2. Relación de la tarea Bebé-mnemo con las tareas Hide and Seek y la escala de desarrollo Merrill-Palmer.....	213
5.1.6.3. Relación de la tarea Bebé-mnemo con la conducta mostrada durante la sesión y el temperamento. ..	216
5.1.6.4. Relación entre los factores de riesgo perinatales, edad gestacional y peso al nacer con el rendimiento en memoria visoespacial y desarrollo generalizado	217
5.1.7. Limitaciones.....	220
5.2. Orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en infancia	222
5.2.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?.....	222
5.2.2. Diferencias en la orientación espacial entre niños prematuros de muy bajo peso y niños a término.....	223
5.2.3. Orientación espacial en niños a término y de desarrollo típico.....	225
5.2.4. Orientación espacial en niños prematuros de bajo peso al nacer	230
5.2.5. Limitaciones.....	235
5.3. Orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en el ciclo vital	237
5.3.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?.....	237
5.3.2. Funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en adultos jóvenes	238
5.3.3. Funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en el envejecimiento no patológico.....	241
5.3.4. Orientación espacial en la infancia y su desarrollo hasta la adultez y la vejez.....	244
5.3.5. Limitaciones.....	249
6. Conclusiones.....	250
7. Bibliografía.....	252
8. Trabajos originales	282

Trabajo original I	283
Trabajo original II	319
Trabajo original III	351
Trabajo original IV	380
Trabajo original V	405
Trabajo original VI	419
Trabajo original VII	426
Trabajo original VIII	447
9. Anexos	456
Anexo 1	457
Anexo 2	458
Anexo 3	459
Anexo 4	460
Anexo 5	461
Anexo 6	462
Anexo 7	463
Anexo 8	464
Anexo 9	466
Anexo 10	468
Anexo 11	469
Anexo 12	472
Anexo 13	474
Anexo 14	477
Anexo 15	479
Anexo 16	481
Anexo 17	483
Anexo 18	485
Anexo 19	490
Anexo 20	492

Índice de tablas

Tabla 1. Principales áreas anatómicas y redes funcionales implicadas en el funcionamiento de la orientación egocéntrica y aloécéntrica en personas adultas sanas.....	47
Tabla 2. Factores de riesgo perinatal en población prematura.....	76
Tabla 3. Descripción sociodemográfica de la muestra control y prematura.....	93
Tabla 4. Descripción sociodemográfica (Media y desviación típica o N y %) según los grupos de edad (12, 15, 18 y 22) de los niños de desarrollo normalizado.....	94
Tabla 5. Descripción (Media-Desviación típica o N-Porcentaje) de las diferentes variables neonatales y de desarrollo neurológico en la muestra total de niños prematuros menores de dos años.....	96
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de las edades de comienzo (en meses) de diferentes hitos de desarrollo en las muestras prematura y control.....	97
Tabla 7. Estadísticos descriptivos (N y % o media y desviación típica) de las variables de aprendizaje de Bebé-mnemo (BM) en la muestra prematura y control según su grupo de edad.....	99
Tabla 8. Estadísticos descriptivos (media y desviación típica) de la tarea Hide and Seek (HS) en la muestra prematura y control según los grupos de edad.....	102
Tabla 9. Estadísticos descriptivos (media y desviación típica) de las puntuaciones directas (PD) y típicas (PT) de la escala de desarrollo Merrill-Palmer Revisada (MP-R) en la muestra prematura y control según su grupo de edad.....	105
Tabla 10. Descriptivos de las puntuaciones directas (PD) y típicas (PT) de las variables de Conducta durante la sesión (C irritado, C atento y C temeroso) y de Estilo de temperamento (T fácil y T difícil) en la muestra prematura y control a los 12 y 15 meses.....	107
Tabla 11. Descriptivos de las puntuaciones directas (PD) y típicas (PT) de las variables de Conducta durante la sesión (organizado, activo y diligente, y enfadado y poco colaborador) y de Estilo de temperamento (fácil, temeroso y difícil) a los 18 y 22 meses.....	108
Tabla 12. Tabla de contingencias de las medidas de Bebé-mnemo Tolerancia Demora y Actualización Bloque en la muestra control.....	110
Tabla 13. Tabla de contingencias de las medidas de Bebé-mnemo Tolerancia Demora y Actualización en el Primer Bloque en la muestra control.....	110
Tabla 14. Relación entre las fases de Bebé-mnemo en toda la muestra de niños de desarrollo típico.....	112
Tabla 15. Relación entre las fases de Bebé-mnemo a los 12 meses en niños de desarrollo típico.....	113
Tabla 16. Relación entre las fases de Bebé-mnemo a los 15 meses en niños de desarrollo típico.....	114
Tabla 17. Relación entre las fases de Bebé-mnemo a los 18 meses en niños de desarrollo típico.....	115
Tabla 18. Relación entre las fases de Bebé-mnemo a los 22 meses en niños de desarrollo típico.....	116
Tabla 19. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para toda la muestra de niños de desarrollo típico.....	118
Tabla 20. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 12 meses de niños de desarrollo típico.....	119
Tabla 21. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 15 meses de niños de desarrollo típico.....	120
Tabla 22. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 18 meses de niños de desarrollo típico.....	121
Tabla 23. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 22 meses de niños de desarrollo típico.....	122
Tabla 24. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) para el grupo a término de 12 meses.....	124
Tabla 25. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) para el grupo a término de 15 meses.....	125
Tabla 26. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) para el grupo a término de 18 meses.....	126

Tabla 27. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) para el grupo a término de 22 meses	127
Tabla 28. Tabla de contingencias de las medidas de Bebé-mnemo Tolerancia Demora y Actualización Bloque en la muestra prematura	129
Tabla 29. Tabla de contingencias de las medidas de Bebé-mnemo Tolerancia Demora y Actualización en el Primer Bloque en la muestra prematura	129
Tabla 30. Relación entre las medidas BM en toda la muestra prematura.....	131
Tabla 31. Relación entre las medidas BM a los 12 meses en niños prematuros	132
Tabla 32. Relación entre las medidas de BM a los 15 meses en niños prematuros	132
Tabla 33. Relación entre las medidas BM a los 18 meses en niños prematuros	133
Tabla 34. Relación entre las medidas BM a los 22 meses en niños prematuros	133
Tabla 35. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para la muestra prematura en todas las edades.....	136
Tabla 36. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 12 meses de niños prematuros.....	137
Tabla 37. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 15 meses de niños prematuros.....	138
Tabla 38. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 18 meses de niños prematuros.....	139
Tabla 39. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Escala Merrill-Palmer-R (MP-R) para el grupo de 22 meses de niños prematuros.....	140
Tabla 40. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) en el grupo de prematuros de 12 meses	141
Tabla 41. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) en el grupo de prematuros de 15 meses	142
Tabla 42. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) en el grupo de prematuros de 18 meses	143
Tabla 43. Correlaciones entre Bebé-mnemo (BM) y Escalas de Conducta (C) y Temperamento (T) en el grupo de prematuros de 22 meses	144
Tabla 44. Correlaciones entre peso en el nacimiento (gramos) y edad gestacional (semanas) con las medidas de Bebé-mnemo (BM), Hide and Seek (HS) y Merrill-Palmer R (MPR) en toda la muestra prematura	146
Tabla 45. Frecuencia (%) de la presencia o ausencia de las variables prenatales, perinatales y postnatales tempranas en la muestra prematura.....	147
Tabla 46. Distribución de la muestra en frecuencias (%) según edad, género y nivel de educación de la madre en los grupos prematuro y control.....	148
Tabla 47. Frecuencias (%) de las variables descriptivas y sociodemográficas de la muestra control.	149
Tabla 48. Descripción de la muestra prematura en las diferentes variables neonatales y de desarrollo neurológico.....	149
Tabla 49. Estadísticos descriptivos (Media y Desviación típica) de las medidas neuropsicológicas en la muestra prematura	152
Tabla 50. Porcentaje de niños controles y prematuros que puntúan por encima y por debajo del azar en los Test de Memoria Espacial Egocéntrica (Parte A y B) y Allocéntrica (Total, Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3).	152
Tabla 51. Medias y desviaciones típicas de los resultados neuropsicológicos y valores de cortisol, así como porcentajes de respuestas correctas en los Test de Memoria Espacial Egocéntrica y Allocéntrica en los grupos de edad (5, 6 y 7 años).....	154
Tabla 52. Medias y desviaciones típicas de los resultados neuropsicológicos y valores de cortisol, así como porcentajes de respuestas correctas en los Test de Memoria Espacial Egocéntrica y Allocéntrica según el género (niños y niñas).....	155
Tabla 53. Correlaciones entre las pruebas neuropsicológicas en toda la muestra control de 5 a 7 años	157
Tabla 54. Correlaciones entre los Test de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Allocéntrica con los valores de cortisol salival en toda la muestra control	158

Tabla 55. Correlaciones entre los Test de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Alocéntrica con el cuestionario BASC.....	159
Tabla 56. Correlaciones entre los Test de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Alocéntrica con el cuestionario adaptado ECM-Q en toda la muestra control	161
Tabla 57. Correlaciones en la muestra prematura total entre las pruebas neuropsicológicas.....	164
Tabla 58. Frecuencia (%) de la presencia o ausencia de las variables prenatales, perinatales y postnatales tempranas en la muestra prematura.....	165
Tabla 59. Correlaciones entre peso en el nacimiento (gramos) y edad gestacional (semanas) con las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Alocéntrica Total en toda la muestra prematura de muy bajo peso al nacer	167
Tabla 60. Correlaciones entre los ítems de memoria espacial de Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q) y las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Alocéntrica Total en toda la muestra prematura de muy bajo peso al nacer	168
Tabla 61. Correlaciones entre los índices del cuestionario BASC (Puntuaciones T) y las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica (partes A y B) y Alocéntrica Total en toda la muestra prematura de muy bajo peso al nacer.....	169
Tabla 62. Media, desviación típica y significación para las puntuaciones directas de los test según el género de la muestra adulta joven	171
Tabla 63. Correlación de las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica y Alocéntrica con los test de Juicio de Orientación de Líneas de Benton, Amplitud Espacial Directa y Amplitud Espacial Inversa en adultos jóvenes.....	174
Tabla 64. Correlación de las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica y Alocéntrica con los test de Juicio de Orientación de Líneas de Benton, Amplitud Espacial Directa y Amplitud Espacial Inversa en las mujeres jóvenes	174
Tabla 65. Correlación de las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica y Alocéntrica con los test de Juicio de Orientación de Líneas de Benton, Amplitud Espacial Directa y Amplitud Espacial Inversa en los hombres jóvenes.....	175
Tabla 66. Correlación entre las tareas de orientación espacial en la muestra infantil y adulta	177
Tabla 67. Medias y desviaciones típicas (DT) en el grupo joven y mayor en las pruebas neuropsicológicas	179
Tabla 68. Correlación entre los test de Memoria Espacial Egocéntrica y Alocéntrica con los test MoCA, Amplitud Espacial Directa e Inversa y Test de Orientación de Líneas de Benton en el grupo mayor	182
Tabla 69. Correlación entre los test de Memoria Espacial Egocéntrica y Alocéntrica en el grupo mayor.....	182

Índice de figuras

Figura 1. Vista frontal y trasera del dispositivo Bebé-mnemo y sus diferentes partes.....	67
Figura 2. Estímulos para la realización de la tarea Bebé-mnemo.....	67
Figura 3. Vista frontal del dispositivo Bebé-mnemo con cuatro pulsadores y plataformas descubiertas.....	68
Figura 4. Material empleado para Hide and Seek.....	72
Figura 5. Fase de entrenamiento de Hide and Seek.....	73
Figura 6. Representación de la fase de prueba de Hide and Seek.....	73
Figura 7. Ejemplos de materiales empleados en la batería cognitiva MP-R.....	74
Figura 8. Test de Memoria Espacial Egocéntrico – Versión infantil.....	81
Figura 9. Test de Memoria Espacial Alocéntrico – Versión infantil.....	82
Figura 10. Ítems de la Evaluación Clínica de la Memoria seleccionados para la evaluación de la memoria espacial.....	83
Figura 11. Test de Memoria Espacial Egocéntrico.....	87
Figura 12. Test de Memoria Espacial Alocéntrico.....	88
Figura 13. Comparación entre prematuros y controles de 22 meses en Bebé-mnemo.....	99
Figura 14. Comparación de las puntuaciones en la tarea Hide and Seek entre prematuros y controles de 12 meses.....	101
Figura 15. Comparación de las puntuaciones típicas (PT) de la escala de desarrollo Merrill-Palmer R (MPR) entre prematuros y controles de 12 meses.....	103
Figura 16. Comparación entre prematuros y controles de 18 meses en las puntuaciones típicas (PT) de la escala de desarrollo Merrill-Palmer R (MPR).....	103
Figura 17. Comparación entre prematuros y controles de 22 meses en las puntuaciones típicas (PT) de la escala de desarrollo Merrill-Palmer R (MPR).....	104
Figura 18. Puntuaciones medias en las fases de Bebé-mnemo según los grupos de edad en la muestra de desarrollo típico.....	109
Figura 19. Puntuaciones medias de Hide and Seek según los grupos de edad en la muestra de desarrollo típico.....	111
Figura 20. Puntuaciones medias en las fases de Bebé-mnemo según los grupos de edad en la muestra prematura.....	128
Figura 21. Puntuaciones medias de Hide and Seek según la edad en la muestra prematura.....	130
Figura 22. Puntuaciones medias en cociente intelectual, habilidades visuoespaciales y orientación espacial en prematuros y controles.....	151
Figura 23. Puntuaciones medias en los bloques alocéntricos (1, 2 y 3) en prematuros y controles.....	151
Figura 24. Puntuaciones medias en habilidades visuoespaciales y en orientación espacial en niños controles de 5, 6 y 7 años.....	156
Figura 25. Comparación entre las pruebas de memoria espacial Egocéntrica A y Egocéntrica B en toda la muestra control.....	156
Figura 26. Puntuaciones medias en las tareas de orientación espacial en la muestra prematura según grupos de edad.....	162
Figura 27. Puntuaciones medias en los bloques alocéntricos en el grupo prematuro.....	163
Figura 28. Puntuaciones medias egocéntricas totales (Ego) y alocéntricas (Alo) en los grupos de mujeres y hombres jóvenes.....	172
Figura 29. Puntuaciones medias en los bloques alocéntricos (Alo1, Alo2, Alo3, Alo4 y Alo5) en mujeres y hombres jóvenes.....	173
Figura 30. Puntuaciones medias obtenidas en las tareas A y B Egocéntricas y tarea Alocéntrica en los grupos de niños y en la muestra adulta.....	176
Figura 31. Puntuaciones medias en los bloques alocéntricos (Alo 1, 2 y 3) en los grupos de niños según su edad y en los adultos.....	178
Figura 32. Puntuaciones medias de las tareas Egocéntrica A (Ego A), Egocéntrica B (Ego B) y Alocéntricas (Alo) en los grupos de jóvenes y mayores.....	179

Figura 33. Puntuaciones medias en los bloques allocéntricos (Alo1, 2, 3, 4, y 5) en los grupos de jóvenes y mayores.	180
Figura 34. Puntuaciones medias en las tareas Egocéntricas, partes A y B (Ego A y Ego B), y tarea Allocéntrica (Alo) en jóvenes y mayores según su género.	181
Figura 35. Puntuaciones medias obtenidas por los grupos Ancianos, Niños y Adultos en las tareas A Egocéntrica (EgoA), B Egocéntrica (EgoB) y Allocéntrica (Alo).	183

Abreviaturas

Alo - Test de Memoria Espacial Alocéntrico

BASC - Behavior Assessment System for Children

BM – Bebe-mnemo

CANTAB - Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery

CI - Cociente intelectual

CPAP - Presión Positiva Continua Aérea

DSM - Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders

ECM-Q - Evaluación Clínica de la Memoria

EgoA - Test de Memoria Espacial Egocéntrica A

EgoB - Test de Memoria Espacial Egocéntrica B

HS – Hide & Seek

HUCA - Hospital Universitario Central de Asturias

JoLO - Test de juicio de orientación de líneas de Benton

NEPSY- Developmental Neuropsychological al Assessment

MoCA - Montreal Cognitive Assessment

MP-R – Escala Merrill-Palmer Revisada

OMS - Organización Mundial de la Salud

RIST – Test de inteligencia breve de Reynolds

UCIN - Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales

1. Introducción

1.1. Memoria visoespacial

La memoria se refiere a la capacidad para almacenar y posteriormente recuperar información. Cuando dicha información es de carácter visual y nos permite recordar la ubicación de los objetos en el espacio, se conoce como memoria visoespacial (Baddeley, 1999).

Encontramos diversas clasificaciones de la memoria en función de diferentes criterios, como: duración de la información (icónica o ecoica, a corto plazo, de trabajo, y a largo plazo), la capacidad de hacer explícita la información (explícita e implícita), el momento del recuerdo (anterógrada y retrógrada) y el tipo de material aprendido (verbal o visoespacial) (Kolb y Whishaw, 2009). Por ejemplo, en tanto a su duración, el tipo de memoria visoespacial de más corta duración es la memoria icónica, que supone la persistencia de un estímulo visual de forma muy breve, alrededor de 0,25 segundos (Baddeley, 1989). La información de la memoria icónica pasaría a otra memoria de mayor duración, la memoria visual a corto plazo (MCP), que es un almacén provisional con una cantidad de información visual limitada y que dura un corto periodo de tiempo (de Noreña y Maestú, 2008). La más prolongada en duración es la memoria visoespacial a largo plazo (MLP), que implica la recuperación de información visual meses o incluso años después (Baddeley, 1989). Mientras que la memoria a corto plazo se nutre directamente de la memoria icónica, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo son procesos independientes que funcionan de manera separada, tal y como se ha podido comprobar en algunos pacientes amnésicos, con una MCP normal y una MLP alterada, o viceversa (Baddeley, 1999). Estas memorias emergen en el desarrollo siguiendo este mismo orden de duración, de manera que aparece en primer lugar la memoria icónica, seguida de la memoria a corto plazo y largo plazo.

Otra capacidad que funciona de manera paralela a estos procesos es la memoria de trabajo visoespacial, denominada agenda visoespacial en el modelo de Baddeley, basada en la habilidad para mantener información de carácter visoespacial y manipularla o actualizarla en caso de ser necesario. (Baddeley, 1999). Esta memoria se nutre directamente de la percepción visual o bien de la generación de una imagen visual, previamente almacenada (Baddeley, 1999) y se encarga del mantenimiento y de la manipulación visoespacial de dichas imágenes (de Noreña y Maestú, 2008). Si bien es cierto que la memoria de trabajo requiere de unas adecuadas capacidades mnésicas, actualmente está considerada como parte de las funciones ejecutivas y es de hecho la primera de todas ellas en emerger durante el desarrollo (Garon, Bryson, y Smith, 2008).

1.1.1. Desarrollo de las capacidades previas a la memoria

Aunque tanto la memoria a corto plazo visoespacial como la memoria de trabajo visoespacial son procesos independientes y disociados, también se asientan sobre el desarrollo de otras funciones previas. Es decir, en el desarrollo infantil, antes de que los niños sean capaces de memorizar información visual y espacial deben haber emergido previamente otras capacidades sobre las que

se va a apoyar la memoria, por ejemplo, la capacidad de visualizar los objetos en el espacio, la búsqueda y reconocimiento de objetos o la atención.

La capacidad de percibir el espacio que nos rodea y ubicar los objetos con respecto al mismo comienza por un adecuado desarrollo del sistema visual, que nos permite percibir la orientación temporoespacial de los estímulos entre las 3 semanas y los 3 meses de vida, su movimiento entre los 2 y 3 meses, o la profundidad entre los 4 y los 5 meses (Miranda-Herrero, Pascual-Pascual, Barredo-Valderrama, Vázquez-López, y de Castro-De Castro, 2014). Desarrollándose de manera paralela al sistema visual y de acuerdo al modelo de Atkinson y Nardini (Atkinson y Nardini, 2008), existen dos rutas que nos permiten reconocer y ubicar los estímulos que nos rodean: la ruta ventral, también llamada vía del *qué*, que nos permite la identificación de objetos y el análisis de la escena visual, y la ruta dorsal, también conocida como vía del *dónde*, que nos permite localizar un estímulo en el espacio circundante. Así pues, la ruta dorsal es indispensable para el desarrollo de la memoria espacial, ya que, aunque no reconozcamos un estímulo, sí nos permite conocer su localización. El procesamiento más temprano de estas vías, que se da de manera global, comenzaría en torno a los 3 meses en la ruta dorsal y entre los 4 y los 6 en la ruta ventral (Atkinson y Braddick, 2007).

El reconocimiento de objetos puede suponer una de las primeras señales de memoria temprana, ya que implica saber diferenciar entre un objeto anteriormente presentado frente a otros nuevos, presentando los niños una preferencia hacia aquel que es novedoso. Así, algunos de los paradigmas más empleados para evaluar esta función son los procedimientos de habituación o de preferencia por la novedad, en los que se espera que el bebé mire durante más tiempo al estímulo que ha cambiado frente a los ya habituados. Estas tareas se asientan en la capacidad para almacenar y evocar información visual a corto plazo. Parece que las primeras muestras de esta memoria visual temprana aparecen entre los 4 y los 4.5 meses de edad (Reynolds, Courage, y Richards, 2010; Ross-sheehy, Oakes, y Luck, 2003) y se van incrementando progresivamente durante el primer año de vida, siendo capaces a los 12 meses de detectar un elemento cambiante entre 4 elementos posibles (Ross-Sheehy y cols., 2003). Estas rápidas mejoras encontradas en los bebés parecen deberse a la maduración de regiones prefrontales, incluyendo áreas superiores, inferiores y cinguladas (Reynolds y cols., 2010), aunque en estudios con macacos y con pacientes con daño cerebral han demostrado que el lóbulo temporal medial cumple un papel vital en la resolución de estas tareas (Diamond, Prevor, Callender, y Druin, 1997).

La atención selectiva se trata de la capacidad que nos permite centrarnos en ciertos aspectos de una tarea o del ambiente, omitiendo o inhibiendo los no relevantes. Para ello se requiere de la acción previa del sistema atencional posterior, que nos permite procesar el espacio que nos rodea, así como centrar nuestra atención en un estímulo concreto y cambiar el foco atencional, desplazándolo por medio de nuestro campo visual hasta llegar a un nuevo estímulo objetivo (Colombo, 2001). Asimismo, participa el sistema atencional anterior, relacionado con la detección de un estímulo e identificación de su identidad (Colombo, 2001). Gracias al desarrollo de cortezas parietales y frontales, estas capacidades se van incrementando progresivamente en los primeros años de vida (Garon y cols., 2008). Los recién nacidos ya son capaces de realizar tareas de seguimiento ocular, fijando su atención en un estímulo concreto, aunque esta capacidad mejora ampliamente entre los 3 y 4 meses de edad (Colombo, 2001). A los 6 meses, los bebés son capaces de comenzar a mantener su foco atencional durante periodos de tiempo más prolongados y en el primer año, empiezan a ser capaces de afrontar niveles bajos de interferencia, es decir, a ser

capaces de fijar su atención en la tarea principal e inhibir otras estimulaciones no pertinentes (Garon y cols., 2008). A partir de estas edades, los niños comenzarán a ser capaces de mantener su foco atencional durante más tiempo y a tolerar mayores niveles de información interferente (Garon y cols., 2008). Además, la atención guarda una estrecha relación con la memoria a corto plazo. Así, cuando se guía la atención de los bebés de 5 y 10 meses mediante pistas previas, estos son capaces de mejorar su rendimiento en tareas de memoria (Ross-Sheehy, Oakes, y Luck, 2011). Por otro lado, cuando hablamos de memoria de trabajo visoespacial, algunos autores consideran que los procesos atencionales, en conjunto con dicha capacidad, forman parte de las funciones ejecutivas (Miyake y cols., 2000).

1.1.2. Desarrollo de memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo

Los primeros indicios de memoria a corto plazo para la información visoespacial parecen surgir en torno a los 6 meses de edad, siendo los bebés capaces de detectar cambios en la posición de ítems previamente presentados (Oakes, Hurley, Ross-Sheehy, y Luck, 2011) así como de anticipar la posición de estímulos vistos con anterioridad (Gilmore y Johnson, 1995; Reznick, Morrow, Goldman, y Snyder, 2004). Parecen además producirse pequeñas mejoras en esta capacidad desde los 6 hasta los 8 meses y mejoras más significativas y lineales desde los 8 hasta los 12 meses (Pelphrey y cols., 2004).

Otro de los primeros indicios de memoria a corto plazo de tipo espacial se da en las tareas de tipo A no-B. En este tipo de pruebas, se esconde un objeto bajo una localización A y se le pide al niño que lo busque. A continuación, ese mismo juguete se esconde bajo una localización B. Así, el niño debe inhibir la respuesta de buscar en la localización A previamente aprendida y recordar que ahora debe buscar en la localización B. Según los estudios clásicos de Piaget (Piaget, 1954), los niños de 9 meses de edad se equivocan en este tipo de tareas – es decir, acuden a la localización A –, pero dejan de cometer este tipo de error en torno a los 12 meses. Dentro su modelo de desarrollo cognitivo, este hito evolutivo se encuadra dentro del subestadio IV del periodo sensoriomotor. Según Piaget, este tipo de errores perseverativos antes el primer año de edad se deben a que el conocimiento de la permanencia del objeto aún no se ha completado, es decir, aún no se posee el conocimiento de que un objeto sigue presente a pesar de no permanecer a la vista y que un objeto es independiente de su posición espacial. Sin embargo, otros autores posteriores han podido comprobar que esta tarea es superada antes de cumplir el primer año: a los 6 meses comienzan a soportar pequeños periodos de espera antes de encontrar correctamente el juguete – 1 o 2 segundos – (Reznick y cols., 2004), aunque continúan cometiendo errores hasta los 9 meses (Diamond y Goldman-Rakic, 1989). A partir de dicha edad, la ejecución mejora notablemente, asociado a la maduración del córtex prefrontal dorsolateral y continuará mejorando hasta en torno al primer año de vida (Diamond y Goldman-Rakic, 1989). Por ello, vemos que las tareas de búsqueda entre dos posibles localizaciones espaciales claramente definidas se van resolviendo con mayor eficacia a lo largo del primer año de vida. A pesar de esto, cuando las localizaciones A y B no aparecen claramente definidas, como ocurre cuando se esconde un juguete en un cajón de arena, los errores de búsqueda – perseveración en la primera localización – continúan ocurriendo hasta los 2 años de edad (Spencer, Smith, y Thelen, 2001). De ello podemos deducir que las

características distintivas de la localización/escondite del objeto favorecen el recuerdo a estas edades tempranas, lo que se denomina como claves coincidentes, concepto que se abordará más adelante al tratar la capacidad de la orientación espacial.

Por otro lado, si bien parece que a los 6 meses de edad los niños empiezan a ser capaces de soportar pequeños periodos de demora (2 segundos) (Pelphrey y cols., 2004; Reznick y cols., 2004) en los que no se les permite acceder al objeto, a partir de dicha edad la demora soportada parece aumentar entre los 2 y 5 segundos de los 7,5 hasta los 9 meses y a partir de los 10 segundos para los bebés de 12 meses (Diamond y Goldman-Rakic, 1989; Diamond y Doar, 1989). Así, parece que el tiempo de demora tolerado, es decir, la duración del recuerdo a corto plazo, se va incrementando progresivamente a lo largo del primer año de vida (Pelphrey y cols., 2004). Sin embargo, estos tiempos de demora se han encontrado en tareas en las que el bebé tiene que ejecutar necesariamente una respuesta motora de búsqueda de un objeto, encontrando una disociación entre acto motor y proceso mnésico. Así, se ha visto que cuando los niños no tienen que buscar el objeto, sino únicamente observar dónde aparece, la tarea es resuelta correctamente a los 8 meses soportando una demora media de 15 segundos (Baillargeon, Devos, y Graber, 1989). También cuando la misma tarea se aplica de manera visual – el niño sólo observa – o debe ser resuelta de forma motora – el niño debe buscar activamente el juguete –, se observa que los niños obtienen un rendimiento superior y toleran más demora en las condiciones visuales (Pelphrey y cols., 2004). Por ello, parece existir una disociación entre la ejecución de la planificación motora y los procesos de memoria antes del primer año de edad, aunque al finalizar este primer año de vida, ambos procesos tienden a integrarse, siendo posible entonces para estos niños combinar la información mnésica con el acto motor, cometiendo cada vez menos errores y tolerando demoras más prolongadas.

En cuanto al posible número de localizaciones espaciales que pueden emplearse a estas edades tempranas, se ha visto que se empiezan a manejar entre 3 y 4 posibles localizaciones a partir de los 8 meses de edad (Pelphrey y cols., 2004). Sin embargo, otros autores no aplican una tarea de búsqueda entre 4 posibles localizaciones hasta los 18 meses de edad (Garon, Smith, y Bryson, 2014). También otros investigadores han llegado a utilizar hasta 5 posibles escondites en niños menores de un año, obteniendo, sorprendentemente, mejores resultados para esta tarea que para la clásica A-no-B (Cummings y Bjork, 1983b). No obstante, estudios posteriores han demostrado incluyendo 7 posibles ubicaciones que el rendimiento no es mejor si durante los periodos de demora o espera para la recuperación del estímulo se cubren todos los posibles escondites (Diamond, Cruttenden, y Neiderman, 1994). Así, estos resultados parecen deberse más a la metodología seguida - en este caso, tapar solo la ubicación objetivo - que, a un verdadero incremento de la memoria visoespacial a dichas edades, al menos por encima de las cuatro ubicaciones.

Vemos por tanto que, si bien los procesos de memoria entre dos posibles localizaciones han sido ampliamente estudiados, cuando el número de localizaciones aumenta encontramos un vacío en la literatura, especialmente entre el primer y segundo año de vida.

Por otro lado, la capacidad para manipular o actualizar aquella información mantenida en la memoria a corto plazo aparece más tardíamente en el desarrollo. Uno de los paradigmas más utilizados ha sido también propuesto por Piaget (Piaget, 1954), con la tarea A-no-B y los

desplazamientos invisibles, que se evalúa aspectos más avanzados de la permanencia del objeto. El procedimiento es inicialmente similar al de la tarea A no-B, pero en este caso, el niño no puede observar directamente cómo el estímulo es escondido en la localización objetivo, sino que el examinador esconde el juguete de manera oculta, mediante algún tipo de tela o pantalla. Así, se observa si el niño es igualmente capaz de acudir a la ubicación correcta. Este hito del desarrollo se corresponde con el subestadio V del periodo sensoriomotor. Estudios previos demuestran que esta tarea mejora progresivamente desde los 15 hasta, al menos, los 30 meses de edad (Diamond y cols., 1997), aunque puede superarse con relativo éxito después de los 2 años de edad (Call, 2001).

Cabe mencionar que en edades tan tempranas la línea que separa la memoria a corto plazo visoespacial y la memoria de trabajo visoespacial es difusa. Así, algunos procesos anteriormente comentados, como la demora de respuesta pueden ser considerados parte del desarrollo de las funciones ejecutivas, y más concretamente, de la memoria de trabajo visoespacial. Sin embargo, unos autores los consideran como procesos previos y necesarios para el adecuado desarrollo de estas capacidades (Baddeley, 2002; Diamond, 2001), mientras que otros consideran incluso que la capacidad de actualizar la información espacial aprendida entre 3 o 4 localizaciones pertenece a la memoria visoespacial y no a la memoria de trabajo (Pelphrey y cols., 2004). También como comentábamos con anterioridad, algunos autores (Miyake y cols., 2000) consideran como parte del desarrollo de la memoria de trabajo visoespacial la combinación de la tolerancia de un periodo de demora con la atención selectiva, que permite al niño un nivel de actualización y manipulación de la información mucho más evolucionado y complejo, relacionado con los procesos de alternancia. En este sentido, mientras que las respuestas demoradas son procesos que comienzan en torno al sexto mes de vida, los procesos complejos de la memoria de trabajo, como la actualización y monitorización, en combinación con procesos atencionales, empiezan a emerger en torno a los 15 meses (Garon y cols., 2008).

1.1.3. Bases neuroanatómicas y funcionales de la memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial

Como se mencionó anteriormente, existen toda una serie de capacidades previas relacionadas con la capacidad de memorizar espacialmente que se desarrollan temprano en la infancia. Así, tenemos que ser capaces de explorar visualmente el entorno, de contar con un sistema atencional que nos permita desplazar el foco de atención por el ambiente y fijarlo en un estímulo para su reconocimiento, así como saber que, aunque un objeto desaparezca de la vista, aún permanece en su ubicación – permanencia del objeto –. Las áreas cerebrales que se desarrollan tempranamente para hacer posible todo ello son las áreas visuales primarias (V1) y secundarias, que proyectan a cortezas temporales posteriores para formar la ruta ventral y a cortezas parietales posteriores para formar la ruta dorsal (Roselli, 2015), que en momentos posteriores del desarrollo proyectarán hacia áreas prefrontales inferiores y dorsolaterales, respectivamente (Munar Roca, Mir Rossello, Cela-Conde, Marty Broquet, y Nadal Roberts, 2007). Contamos también con el desarrollo de la corteza parietal posterior, relacionada con el cambio de foco atencional (Reynolds y Romano, 2016), así como la corteza prefrontal, especialmente la corteza inferior y superior, el

cingulado anterior y la dorsolateral (Diamond y Goldman-Rakic, 1989; Reynolds y Romano, 2016), relacionadas con el sistema de atención ejecutivo y la permanencia del objeto. Concretamente, la corteza prefrontal dorsolateral es la encargada de codificar la localización del estímulo a recordar (Constantinidis y Wang, 2004), por tanto, es la base de la memoria visoespacial a corto plazo en momentos tempranos de la infancia. Así, una vez que somos capaces de percibir visualmente el entorno gracias a la corteza occipital en conexión con la parietal posterior, podemos dirigir nuestro foco atencional hacia los estímulos a memorizar, también por medio de la corteza parietal posterior, y mantener activa su representación gracias a la activación de las cortezas prefrontales, lo que permite a los niños tolerar periodos de demora crecientes donde, aunque no vean el objeto, son capaces de recordar su ubicación.

En momentos posteriores de la infancia, al menos a partir de los 7 años de edad, se observa que estas cortezas prefrontales anteriormente comentadas, principalmente la dorsolateral, darán lugar a una red que conectará cortezas parietales posteriores con prefrontales, que, unido a una mayor mielinización y conectividad a través de la sustancia blanca entre estas dos áreas a lo largo del desarrollo, crearán la red que finalmente sustenta la memoria de trabajo visoespacial (Klingberg, 2006). Esta red parece ir cambiando a lo largo de la infancia, con una mayor activación parietal en los niños de infancia más tardía, a los 12 años (Spencer-Smith y cols., 2013), así como una mayor activación intraparietal y frontal superior en la adolescencia (Klingberg, Forssberg, y Westerberg, 2002). También al comparar niños con adultos, aunque todos activan cortezas prefrontales y parietales - más concretamente, el giro frontal superior derecho, el giro frontal medio, el lóbulo parietal superior y el lóbulo parietal inferior izquierdo y derecho -, se observa que los primeros activan también el precúneo izquierdo y regiones cerebelosas derechas. Por tanto, parece que durante la infancia se emplean redes más ampliamente distribuidas del cerebro para sustentar la memoria de trabajo, que se van especializando hacia las cortezas prefrontales y parietales durante la adolescencia y hasta llegar a la adultez.

Hasta ahora hemos expuesto las bases neurales de la retención y manipulación de información en el corto plazo. Sin embargo, cuando nuestro objetivo es que la información visoespacial y verbal sea almacenada a largo plazo, entra en juego la estructura del hipocampo. Así, se ha podido comprobar que los niños pequeños, al menos hasta los 3 años de edad, no cuentan con la suficiente madurez hipocampal como para generar recuerdos a largo plazo, en un proceso que se ha denominado como amnesia infantil (Ramsaran, Schlichting, y Frankland, 2018) y que se ha relacionado tanto con la inmadurez de esta estructura como por una excesiva neurogénesis en estos momentos tempranos, que no permitiría una actividad sináptica estable necesaria para los procesos de memoria. La estructura del hipocampo cumple además un papel fundamental en los recuerdos espaciales a largo plazo, permitiendo la creación de mapas mentales de los sitios conocidos para poder movernos y navegar por los mismos (O'Keefe, Nadel, y Lynn, 1978). Esta función del hipocampo en la orientación espacial será tratada con mayor profundidad al analizar las bases neurales de esta función.

1.1.4. Evaluación de la memoria visoespacial antes de los 2 años

En base al conocimiento actual, parece que en una evaluación completa de las capacidades de memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial en niños de 12 meses en adelante deben incluirse tareas basadas en respuestas demoradas, incluyendo cambios de ubicación sencillos, así como aquellas que permitan poner en marcha la memoria de trabajo más compleja, requiriendo que el niño actualice la información previamente aprendida. Si bien no ha sido ampliamente estudiado, la inclusión de tres a cuatro posibles localizaciones espaciales para las tareas de memoria parece ser lo recomendable para estas edades.

Las tareas que encontramos actualmente para la evaluación de estas funciones son aquellas basadas en el paradigma A no-B, aquellas basadas en paradigmas de novedad, aquellas que incluyen más de dos localizaciones, y aquellas incluidas dentro de baterías de desarrollo temprano.

Los test basados en la tarea A no-B, originaria de Piaget (Piaget, 1954), han sido empleado por un gran número de investigadores (Baillargeon y cols., 1989; Cummings y Bjork, 1983b; Diamond y Goldman-Rakic, 1989; Diamond y cols., 1994; Gilmore y Johnson, 1995; Reznick y cols., 2004; Schutte y Spencer, 2002; Spencer y cols., 2001), con sus correspondientes adaptaciones, con el objetivo de valorar la permanencia del objeto y además siendo indicativo del nivel de desarrollo de la memoria a corto plazo visoespacial. Esta tarea ha sido modificada por los diferentes autores, introduciendo periodos de demora crecientes en los que se impide que el niño busque el juguete, siendo denominadas estas como tareas de respuesta demorada, proponiendo tareas donde el niño no tenga que iniciar una búsqueda activa, sino simplemente observar donde aparece el juguete y planteando tareas donde las localizaciones A y B no aparezcan explícitamente marcadas – como en un cajón de arena –. La ventaja de emplear este tipo de paradigmas es que ya han sido ampliamente utilizados desde la psicología, pero también cabe destacar que debido a la variabilidad de protocolos para el mismo no existe una forma estandarizada de aplicar la tarea. Por otra parte, se trata de tareas que son ampliamente superadas ya por niños de 12 meses, salvo cuando la ubicación del objeto no está claramente señalada por pistas o claves visuales, no siendo superadas hasta después de los 2 años (Spencer y cols., 2001). Si, además, se incluyen más posibles localizaciones que tampoco se encuentran claramente marcadas y se introduce un periodo de demora, los niños continúan cometiendo errores incluso a los 3 años (Schutte y Spencer, 2002). Por tanto, observamos que este paradigma puede ser o bien demasiado sencillo o bien demasiado complicado para niños de 1 a 2 años.

Los test basados en paradigmas de novedad para localizaciones espaciales son tareas basadas en la habituación. Así, se le presentan al niño una serie de estímulos, siempre los mismos y siempre en la misma posición. A continuación, la ubicación de uno de esos estímulos cambia y se observa si el bebé mira durante más tiempo ese estímulo cuya posición ha sido modificada. Algunos ejemplos de esta tarea los encontramos en estudios de Oakes (Oakes y cols., 2011), que emplea este paradigma en una pantalla de ordenador mostrando círculos de colores para medir esta preferencia por el cambio de localización en niños de 6 a 12 meses de edad. Este tipo de tarea se basa en un paradigma de habituación probado ampliamente en niños pequeños, por el cual la orientación hacia las estimulaciones novedosas se toma como signo de memoria temprana, pero de nuevo, encontramos que las edades en las que se emplean estos paradigmas de habituación son generalmente más tempranas, antes de primer año de vida.

Los test basados en la búsqueda de objetos en más de dos localizaciones son ampliaciones de las anteriores tareas A no-B caracterizadas por tener más de dos posibles localizaciones, generalmente 3 o 4. En los estudios de Pelphrey (Pelphrey y cols., 2004) se probaron diferentes

versiones experimentales, en las que se variaban las posibles localizaciones (de 2 hasta 4), el tipo de respuesta demandada (observación vs. búsqueda activa del objeto), el tipo de material empleado (pantalla de ordenador vs. búsqueda en entornos reales) y la demora tolerada (desde 2 hasta 10 segundos), todo ello medido en niños desde los 5 hasta los 12 meses. Por otra parte, en los estudios de Garon (Garon y cols., 2014) se emplea una tarea denominada *Hide and Seek*, que consiste en la búsqueda de un pequeño juguete entre 4 posibles localizaciones con una demora de 10 segundos, aplicada a partir de los 18 meses de edad y hasta los 5 años. Ambos tipos de tarea permiten la obtención de diferentes índices de la memoria a corto plazo y memoria de trabajo visoespacial, obteniendo medidas más complejas que en el caso de las tareas A no-B y siendo por tanto más completas para la evaluación de dichas capacidades. Sin embargo, encontramos que existe un periodo de edad entre el primer año de vida y el primer año y medio donde estas funciones no han sido medidas.

Los test de memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial incluidos en las baterías de desarrollo y/o inteligencia presentan como principal problema que no incluyen edades por debajo de los 2 años, como ocurre con las escalas BAS-II: Escalas de Aptitudes Intelectuales, las escalas McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños (MSCA), la batería NEPSY-II o la escala de Inteligencia de Wechsler para Preescolar y Primaria IV (WPPSI-IV). Cabe destacar la Escala de Desarrollo Merrill-Palmer Revisadas (MP-R), que sí que contiene tareas para la evaluación de la memoria espacial, incluidas en la Escala Memoria, perteneciente a la Escala Cognitiva, basada en la medición de la memoria a corto plazo. Sin embargo, este índice solo es ofrecido en niños mayores de 24 meses, mientras que, por debajo de esa edad, la batería propone el índice de Memoria Infantil, que ofrece información básica sobre ciertos aspectos mnésicos precoces, pero que solo está disponible hasta los 12 meses de edad, pudiendo apreciar de nuevo que existe un periodo de edad en la infancia temprana donde no se están considerando estas funciones de memoria.

Por tanto, podemos observar que, si bien una medida completa de memoria visoespacial debe incluir diferentes medidas, la mayoría de las tareas planteadas evalúan solo uno de los diferentes aspectos de esta capacidad. Además, estas tareas de memoria temprana suelen ser aplicadas o bien antes del primer año de edad o bien a partir del segundo año, pero no entre ambos periodos. Sí que encontramos medidas más completas en los estudios de Pelhprey y Garon (Garon y cols., 2014; Pelhprey y cols., 2004), pero de nuevo abarcando periodos de edad que no incluyen completamente el desarrollo entre 1 y 2 años de edad.

1.1.5. ¿Por qué evaluar a edades precoces? El papel de la atención temprana

En base a la literatura actual, se ha objetivado una falta de protocolos de evaluación para la memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo entre el primer y segundo año de vida, que incluya aspectos como más de dos posibles localizaciones, periodos de demora crecientes y medidas de memoria de trabajo complejas, como los procesos de actualización.

A estas edades tempranas, la importancia que tiene la evaluación de este proceso en particular y de otras funciones neuropsicológicas en general parte de la idea de una detección precoz. Es aquí cuando cabe hablar de la atención temprana, una especialidad transdisciplinar dirigida a niños de 0 a 6 años y sus familiares, cuya principal misión es prevenir, diagnosticar e intervenir/estimular

de la forma más precoz posible en aquellos niños que presentan trastornos del desarrollo o tienen una alta probabilidad de sufrirlo por motivos biológicos o sociales (Federación Estatal de Asociaciones de Profesionales de Atención Temprana, 2000). Así, se trata de iniciar medidas preventivas y/o asistenciales para potenciar el desarrollo de estos niños, como su bienestar, autonomía personal e integración en su entorno familiar, escolar y social.

Las actuaciones de los equipos de atención temprana se fundamentan en los mecanismos de plasticidad de un cerebro en desarrollo, es decir, en la capacidad intrínseca del sistema nervioso central (SNC) por la que puede madurar y generar cambios tanto funcionales como estructurales, en base a la experiencia, posibles aprendizajes y a la adaptación tras una lesión o daño traumático cerebral, incluyendo procesos presentes en el desarrollo típico del SNC, como la neurogénesis, migración neuronal, creación de sinapsis y formación de redes estructurales y funcionales basadas en el desarrollo de funciones tanto cognitivas como motoras (Ismail, Fatemi, y Johnston, 2017). Estos mecanismos hacen que un sistema nervioso en desarrollo sea mucho más influenciado por los factores ambientales que el de uno ya formado, como ocurre en el adulto (Johnston, 2009), lo que permite intervenir conductualmente sobre aquellos aspectos potencialmente alterados y obtener una mayor tasa de recuperación y/o de normalidad de los mismos, dado que las posibilidades que tiene el cerebro para adaptarse y reorganizarse son mayores. Por tanto, todo ello implica que la aparición temprana de alteraciones en el desarrollo a cualquier nivel (motor, sensorial y/o cognitivo) puede influenciar negativamente el funcionamiento del niño en edades más avanzadas, pero también que, si estos problemas son detectados lo más tempranamente posible, esto permite iniciar una estimulación precoz con una mayor probabilidad de éxito.

Desde la atención temprana se trabaja a tres niveles: prevención primaria, secundaria y terciaria (Federación Estatal de Asociaciones de Profesionales de Atención Temprana, 2000). La prevención primaria recoge todas aquellas actuaciones relacionadas con la promoción de la salud y el bienestar de los niños y sus familias, tratando así de evitar la posible aparición de deficiencias en el desarrollo infantil. La prevención secundaria se dirige a aquellos colectivos que se encuentran en situaciones de riesgo y tiene como principal objetivo la detección y el diagnóstico temprano. La prevención terciaria se focaliza en la atención de niños que ya han desarrollado algún tipo de patología, discapacidad o trastornos del desarrollo, centrándose en la disminución de estas disfunciones, en la prevención de trastornos secundarios y en la modificación de posibles factores de riesgo. Por tanto, la detección y diagnóstico tempranos son un objetivo relevante en la prevención secundaria de la atención temprana, aunque también encontramos que los procedimientos de evaluación aún continúan teniendo un papel importante en la prevención terciaria, debido a que toda buena intervención debe partir de una valoración inicial a través de diferentes instrumentos de recogida de información, como la entrevista con los progenitores, informes de otros profesionales, procedimientos observacionales y pruebas estandarizadas.

Algunas de las principales alteraciones que se atienden desde las unidades de atención temprana incluyen diferentes tipos de trastornos motores, sensoriales, cognitivos y de conducta. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2012), la prevalencia del global de trastornos del desarrollo en los primeros años de vida a nivel mundial es aún difícil de estimar, debido a problemas metodológicos e incluso a la propia definición de discapacidad. Sin embargo, se asume que la cifra de niños de países desarrollados que terminarán por sufrir alguna de estas alteraciones varía entre un 10 y un 20%, y por ello, se deduce que en los países en vías de desarrollo y subdesarrollados la cifra puede ser aún mayor, debido a la concurrencia de un mayor número de

factores de riesgo, así como unos servicios y recursos más limitados. Teniendo en cuenta los diferentes tipos de alteraciones, la evaluación de tipo neuropsicológico es más pertinente en niños con trastornos del neurodesarrollo, concretamente con trastornos del desarrollo cognitivo y de retraso evolutivo.

De acuerdo al DSM-V (Kupfer y cols., 2014), los trastornos del desarrollo intelectual (317 (F70) Leve, 318.0 (F71) Moderado, 318.1 (F72) Grave y 318.2 (F73) Profundo) cursan con deficiencias en las funciones intelectuales (razonamiento, resolución de problemas, planificación, pensamiento abstracto, etc.), con una prevalencia en la población global es del 1%. Cuando el niño no encaja adecuadamente con los criterios para este diagnóstico o su evaluación no es posible por problemas sensoriales y/o comportamentales, puede recibir el diagnóstico de trastorno del desarrollo intelectual no especificado (F79). El retraso global del desarrollo (315.8 (F88) es un diagnóstico temporal realizado en menores de 5 años de edad cuya gravedad no puede evaluarse con exactitud debido a su corto periodo evolutivo.

Estas funciones intelectuales que pueden estar afectadas en los niños con trastornos del desarrollo intelectual y retraso del desarrollo engloban un gran número de capacidades, encontrando entre ellas la memoria. Actualmente, se ha encontrado que la memoria visoespacial es una función alterada en población infantil prematura (Beauchamp y cols., 2008; Jongbloed-Pereboom, Janssen, Steenbergen, y Nijhuis-van der Sanden, 2012), del espectro autista (Zinke y cols., 2010), con síndrome de Down (Lanfranchi, Carretti, Spanò, y Cornoldi, 2009), con trastorno de la coordinación (Alloway, 2007; Alloway y Archibald, 2015; Alloway, Rajendran, y Archibald, 2009; Tsai, Chang, Hung, Tseng, y Chen, 2012), con trastorno de déficit de atención e hiperactividad (Barnett, Maruff, y Vance, 2005), en trastornos del aprendizaje de las matemáticas (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, y Numtee, 2007) y en la exposición prenatal a diferentes tipos de sustancias tóxicas, como el tabaco, alcohol o cocaína (Jacobsen, Slotkin, Westerveld, Mencl, y Pugh, 2006; Mayes, Snyder, Langlois, y Hunter, 2007; Schroder, Snyder, Sielski, y Mayes, 2004; Willford, Richardson, Leech, y Day, 2004). Sin embargo, estos déficits suelen ser detectados y/o evaluados en etapas más avanzadas del desarrollo, en la mayoría de los casos al iniciar la educación primaria. De nuevo aludiendo al principio básico de la atención temprana, una evaluación precoz de la memoria visoespacial nos permite una detección más temprana, que a su vez posibilita iniciar antes una estimulación cognitiva, que se realizará en momentos del desarrollo en el que el cerebro es mucho más plástico.

1.2. Orientación espacial

En nuestra vida cotidiana, ponemos en marcha diferentes funciones cognitivas cuya fuente de información son estímulos visuales y espaciales. Esto ocurre tanto en tareas simples, como recordar en qué cajón de la habitación ponemos un objeto, como en tareas más complejas, como recordar el camino que debemos seguir para llegar a un lugar lejano y poco conocido. Este último ejemplo hace referencia a la orientación espacial o la navegación espacial, la capacidad que nos permite movernos por nuestro entorno con la finalidad de encontrar una ubicación o destino objetivo siguiendo un camino a través del entorno (Vorhees y Williams, 2014). Se trata de una función especialmente compleja, ya que requiere de la participación de otras fuentes de información y de otros procesos cognitivos y sensoriales, como la percepción estímulos sensoriales y propioceptivos, la memorización y posterior recuerdo de información espacial y la planificación estrategias de orientación o rutas espaciales (Chersi y Burgess, 2015). Toda esta información de manera conjunta nos permite finalmente llegar a nuestra ubicación objetivo, identificando nuestro entorno y nuestra posición, posibilitando nuestra reorientación en lugares previamente conocidos.

Para la navegación espacial, empleamos principalmente dos estrategias o marcos de referencia: el egocéntrico y el alocéntrico. El sistema egocéntrico es aquel que toma nuestro propio cuerpo como centro de referencia, de manera que todas las ubicaciones están relacionadas con nuestro propio punto de vista. Por otro lado, el sistema alocéntrico es el que emplea elementos situados en el entorno, independientes de nuestra posición (Beaudet y cols., 2015; Burgess, 2008; Chersi y Burgess, 2015; Galati, Pelle, y Berthoz, 2010; O'Keefe y cols., 1978). La estrategia egocéntrica implica además un concepto conocido como integración de caminos (*path integration*), relacionado con la capacidad de monitorear nuestros propios movimientos mediante la codificación de distancias, giros y direcciones relacionadas con nuestro punto de vista e involucrando a los sistemas vestibular, cinestésico y óptico (Newcombe, Huttenlocher, Drumme, y Wiley, 1998; van den Brink y Janzen, 2013). La estrategia alocéntrica está vinculada a la capacidad de crear mapas mentales a modo de representaciones visuales del entorno circundante (Burgess, Maguire, y O'Keefe, 2002), que requieren la capacidad de codificar señales ambientales. En los paradigmas experimentales que analizan la orientación espacial, estas pistas ambientales se dividen principalmente en coincidentes y no coincidentes. Las señales coincidentes son las que codifican las propiedades de la ubicación o los puntos de referencia que coinciden con el lugar objetivo, mientras que las señales no coincidentes se refieren a posiciones relativas que requieren la capacidad de emplear distancias y direcciones relacionadas con el lugar objetivo (Waismeyer y Jacobs, 2013). Además, cuando hablamos de puntos de referencia no coincidentes, estos pueden ser a su vez diferenciados en dos categorías: podemos bien referirnos a puntos de referencia ambientales situados dentro del *marco* de la tarea o cerca de una ubicación objetivo, denominados señales proximales o puntos de referencia intralaberinto (*intramazes*), o referirnos a señales ambientales externas que no se encuentran en el recinto de la tarea o se sitúan en lugares lejanos a la ubicación objetivo, siendo denominadas en este caso como señales distales o puntos de referencia límite (*boundary landmarks*).

Para una navegación espacial completamente funcional, no es suficiente con prestar atención a estas señales ambientales o a las señales procedentes de nuestro propio organismo, ya esté este estático o en movimiento, sino que es necesario integrarlas y combinarlas para finalmente recrear

una imagen completa de una representación espacial (Nardini, Jones, Bedford, y Braddick, 2008). Sin embargo, a pesar de la vital importancia de esta capacidad en nuestras actividades diarias, encontramos que, en comparación con otras funciones cognitivas, no se ha prestado tanta atención a su evaluación en personas sanas ni en personas con patología, ya sean estos adultos o niños.

1.2.1. Desarrollo de la orientación espacial durante la infancia (Trabajo original I)

Aunque el marco egocéntrico es el primero en emerger durante el desarrollo (Acredolo, Adams, y Goodwyn, 1984), el estudio de la estrategia aloécéntrica comienza muy temprano en la infancia, donde parece que los bebés a los 4,5 y a los 6 meses empiezan a mostrar respuestas de orientación guiadas por claves coincidentes, aunque esto solo ocurre en combinación con información egocéntrica y si han tenido la oportunidad de recorrer su ambiente o si dicho movimiento ha sido simulado (Kaufman y Needham, 2011; Schmuckler y Jewell, 2007). También parece que entre los 7 y 12 meses, los bebés empiezan a ser sensibles a información visual y vestibular (Bremner, Hatton, Foster, y Mason, 2011), importante para el marco de referencia egocéntrico. A partir de los 8,5 meses, los bebés comienzan a ser capaces de usar claves no coincidentes (Crowther, Lew, y Whitaker, 2000; Lew, Bremner, y Lefkovitch, 2000), mejorando aún más su habilidad aloécéntrica a partir de los 12 meses (Lew y cols., 2000). La eficacia en el uso de dichas claves continúa incrementándose desde el primer año de vida hasta los 18 meses, siempre y cuando no hayan sido previamente desorientados (Lew, Foster, y Bremner, 2006), y desde los 18 hasta los 24 si se les ha cambiado de posición, comenzando además a estas edades a emplear distintas claves aloécéntricas: geométricas (Learmonth, Newcombe, y Huttenlocher, 2001), basadas en información linear (Lourenco, Addy, y Huttenlocher, 2009) o en el color (Nardini, Atkinson, y Burgess, 2008). Además también a estas edades parecen empezar a generar relaciones de tipo espacial para reorientarse, tanto entre diferentes elementos del entorno y como con respecto a sí mismos (Huttenlocher y Vasilyeva, 2003; Nardini, Atkinson, y cols., 2008). Así, se puede concluir que a partir de los 2 años, los niños son capaces de empezar a formar y a recordar eficazmente representaciones aloécéntricas en el ambiente (Newcombe y cols., 1998), lo que además coincide con el desarrollo del área CA1 del hipocampo, vital para el uso de este tipo de estrategias, así como de la maduración de las proyecciones de la corteza entorrinal a dicho área (Lambert, Lavenex, y Banta Lavenex, 2015; Ribordy, Jabès, Banta Lavenex, y Lavenex, 2013).

Desde los 2 hasta los 3 años, los niños continúan empleando tanto claves coincidentes como no coincidentes (Lee, Sovrano, y Spelke, 2012; Lee, Winkler-Rhoades, y Spelke, 2012; Newcombe, Ratliff, Shallcross, y Twyman, 2010; van den Brink y Janzen, 2013), pero además, empiezan a ser capaces de emplear pistas aloécéntricas distales (Ribordy y cols., 2013; Ribordy Lambert, Lavenex, y Banta Lavenex, 2017). Desde los 3 hasta los 4 años, se emplean diferentes tipos de claves coincidentes con mayor eficacia, como distancias, sombras, colores, relaciones derecha-izquierda, etc. (Hermer-Vazquez, Moffet, y Munkholm, 2001; Lee y Spelke, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, y cols., 2012; Lourenco y Cabrera, 2015; Newcombe y cols., 2010; Yousif y Lourenco, 2017). Además, las claves distales se empiezan a usar de forma más exitosa (Nardini, Burgess, Breckenridge, y Atkinson, 2006; Smith y cols., 2008), momento en que diferentes autores recalcan el importante

papel que tiene la propia locomoción y los propios movimientos para mejorar la orientación aloécéntrica (Leplow y cols., 2003; Negen, Heywood-Everett, Roome, y Nardini, 2018). Estas mejoras que se producen a lo largo de los 3 años de edad se han relacionado con el desarrollo de otras estructuras hipocampales, como la maduración del giro dentado y sus conexiones con otras áreas del hipocampo (Ribordy y cols., 2013).

De los 4 a los 5 años mejora el uso de las claves anteriormente mencionadas, pero además, los niños comienzan a ser capaces de compensar la falta de movimiento para reorientarse (Learmonth, Newcombe, Sheridan, y Jones, 2008), así como de integrar diferentes tipos de pistas espaciales (Gouteux, Vauclair, y Thinus-Blanc, 2001; Negen y cols., 2018), aunque algunos autores consideran que todavía a estas edades los niños son más eficaces cuando solo está presente un tipo de pista en lugar de dos (Nardini, Jones, y cols., 2008).

A partir de los 5 años, los niños parecen capaces de reorientarse tanto en pequeños como en grandes entornos (Learmonth, Nadel, y Newcombe, 2002; Learmonth y cols., 2008; Smith y cols., 2008), sin preferencia por claves proximales o distales (Bullens, Nardini, y cols., 2010; Hupbach y Nadel, 2005), aunque continúan rindiendo mejor si emplean pistas proximales (Smith y cols., 2008). También a estas edades surge el interés por conocer cuánta información ambiental son capaces de retener los niños. Así, algunos estudios han encontrado que los niños a los 5 años pueden recordar entre 2 y 3 ubicaciones de 18 ubicaciones posibles (Ribordy y cols., 2013; Ribordy Lambert y cols., 2017), mientras que otros han encontrado que a los 5 y 6 años de edad, solo recuerdan 2 ubicaciones de 5 ubicaciones posibles (Pentland, Anderson, Dye, y Wood, 2003). Usando exclusivamente la orientación egocéntrica, los niños de 5 y 6 años son capaces de localizar un objeto de 2 ubicaciones y 2 objetos de 4 ubicaciones (Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, y Albiol-Perez, 2014). Por lo tanto, podemos concluir que el número de ubicaciones posibles no parece ser tan relevante como la cantidad de información que se debe recordar. Así, parece que en niños menores de 6 años, el span topográfico, es decir, cuánta información espacial es posible recordar en el entorno circundante, es de aproximadamente 2 elementos, aumentando progresivamente en edades posteriores (Piccardi, Leonzi, D'Amico, Marano, y Guariglia, 2014). El desarrollo de regiones hipocampales, como el giro dentado y sus diferentes proyecciones a otras regiones del hipocampo, continúan hasta los 6 años, de manera que cabe esperar un desarrollo progresivo de estas capacidades en torno a dicha edad (Ribordy y cols., 2013). Así, algunos autores concluyen que en torno a los 7 años el desarrollo del marco de referencia aloécéntrico es similar al de una persona adulta (Overman, Pate, Moore, y Peleuster, 1996).

1.2.2. Funcionamiento en la vida adulta y en la vejez

Partiendo de que la estrategia egocéntrica es aquella que emerge en momentos más tempranos de la vida (Acredolo, 1978) y que la estrategia aloécéntrica parece alcanzar su completo desarrollo en algún momento entre los 7 años y los 10 años (Leplow y cols., 2003; Overman y cols., 1996; Ruggiero, D'Errico, y Iachini, 2016), cabe esperar que de dicha edad en adelante, el manejo de ambos marcos de referencia sea exitoso, tanto a lo largo de lo que resta de infancia como durante la adolescencia y la vida adulta. Así, se observa un rendimiento a lo largo del ciclo vital que sigue

una forma de “U” invertida, es decir, que tanto los niños como las personas mayores tienen más dificultades para orientarse espacialmente, encontrando unos niveles de rendimiento más o menos homogéneos en la infancia tardía, adolescencia y adultez (Ruggiero y cols., 2016).

En cuanto a una comparativa directa entre las orientaciones egocéntrica y allocéntrica, encontramos que cuando ambos tipos de información están disponibles y entran en conflicto, los adultos jóvenes tienden a emplear con mayor frecuencia de las claves egocéntricas (Hu, Yang, Huang, y Shao, 2018). Sin embargo, también podemos afirmar que, dado que durante estas etapas de la vida es esperable que ambas estrategias estén plenamente operativas, parece que no ha existido gran interés en la literatura en comprobar en qué tipo de estrategia se rinde mejor en este momento del ciclo vital.

Esta cuestión ha sido mucho más explorada en etapas avanzadas de la vida, donde se ha podido comprobar que las personas ancianas tanto en tareas virtuales como aquellas basadas en entornos reales emplean más las estrategias egocéntricas, debido a un deterioro progresivo y más temprano del marco de referencia allocéntrico (Colombo y cols., 2017; Rodgers, Sindone III, y Moffat, 2012; Wiener, de Condappa, Harris, y Wolbers, 2013). Cabe mencionar que en la evaluación de las capacidades espaciales es especialmente relevante que puedan percibir todas las señales (propioceptivas, vestibulares, etc.) que están presentes en las tareas de orientación diaria, dado que previamente se ha comprobado que las habilidades de navegación se afectan en las personas mayores cuando realizan la misma tarea de manera virtual frente a cuando la hacen permitiendo su propio movimiento (Adamo, Briceño, Sindone, Alexander, y Moffat, 2012). Por ello, es posible que, dado que parte de estos datos son obtenidos en tareas informatizadas, es posible que esta tendencia a emplear una orientación egocéntrica no se aprecie tan marcadamente en la orientación espacial del día a día en las personas mayores, como trataremos más adelante.

Así, se concluye que en el envejecimiento no patológico existe un proceso de deterioro de la orientación espacial (Colombo y cols., 2017; Moffat, 2009) debido a diferentes cambios estructurales, funcionales y/o metabólicos que ocurren en el cerebro envejecido (Raz y Rodrigue, 2006). Aunque se tratarán las bases cerebrales de la orientación espacial en el próximo epígrafe, los cambios concretos que se relacionan con el envejecimiento y el empeoramiento de esta función son una reducción en la activación del hipocampo y giro parahipocampal (Antonova y cols., 2009; Meulenbroek, Petersson, Voermans, Weber, y Fernández, 2004; Moffat, Elkins, y Resnick, 2006), así como de la corteza retrosplenial (Moffat y cols., 2006) y del lóbulo parietal (Meulenbroek y cols., 2004; Moffat y cols., 2006)

Por otro lado, en población adulta tanto joven como anciana suelen encontrarse diferencias asociadas al género en el rendimiento en orientación espacial, donde generalmente los hombres rinden mejor que las mujeres, ejecutando respuestas más rápidas y adaptándose mejor a posibles incrementos en la dificultad (Driscoll, Hamilton, Yeo, Brooks, y Sutherland, 2005; León, Tascón, y Cimadevilla, 2016; Persson y cols., 2013; Piper y cols., 2011). Sin embargo, también se ha encontrado que esta ejecución diferencial puede depender de muchos otros factores, tales como el tipo de claves disponibles, experiencia previa y/o entrenamiento en estas habilidades, familiaridad con el ambiente, etc. (Banta Lavenex y Lavenex, 2010; de Goede y Postma, 2015; Nori y cols., 2018; Piccardi y cols., 2008; Verde y cols., 2015). Por otra parte, parece que, según el tipo de información empleado, se favorece a un género u otro: los hombres parecen preferir usar información euclidiana, mientras que las mujeres prefieren emplear puntos de referencia allocéntricos (Dabbs, Chang, Strong, y Milun, 1998; Sandstrom, Kaufman, y Huettel, 1998; Saucier

y cols., 2002; Shah, Prados, Gamble, De Lillo, y Gibson, 2013). Diferenciando entre ambos marcos de referencia, parece que los hombres rendirían mejor que las mujeres en la estrategia aloécéntrica, pero sin diferencias en la egocéntrica (van Gerven, Schneider, Wuitchik, y Skelton, 2012). Otras teorías explicativas sobre las diferencias entre géneros han también aludido a razones hormonales, como a una posible ventaja otorgada por la testosterona; de personalidad, como a la mayor presencia de *ansiedad espacial* en las mujeres, esto es, miedo a perderse en lugares desconocidos; y/o de la experiencia, como que los hombres durante su infancia tienen, por norma general, más oportunidades de explorar el espacio que les rodea y de realizar actividades de carácter espacial (Emanuele y Louse, 2004). No obstante, este tema aún no está claramente establecido, pudiendo incluso coexistir varias de estas teorías. Por todo ello, considerar el género de los participantes parece ser una variable relevante a la hora de interpretar los resultados en orientación espacial.

1.2.3. Bases cerebrales estructurales y funcionales de la orientación espacial

En el cerebro, existen dos principales áreas, las descubiertas en primer lugar, que se relacionan con el funcionamiento de las habilidades de orientación espacial: por un lado, el estriado y más concretamente, el núcleo caudado como base de la estrategia egocéntrica (D. Cook y Kesner, 1988), y por otro el hipocampo como estructura central de la orientación aloécéntrica (O’Keefe y cols., 1978). Cabe mencionar además la alta especialización del hipocampo en el procesamiento de la información espacial, contando con células específicas que disparan solo cuando el organismo se encuentra en una región limitada del entorno – células de lugar o *place cells* – (O’Keefe y Dostrovsky, 1971), otras células que disparan ante una dirección concreta en que el organismo orienta su cabeza – células de dirección de la cabeza o *head direction cells* - (Taube, 1995) y unas últimas células que disparan de acuerdo a una cuadrícula que cubre el entorno del organismo– células de red o *grid cells* – que podrían estar relacionadas con información métrica que se emplea en tareas de navegación espacial de larga distancia (Chersi y Burgess, 2015).

Sin embargo, estudios más recientes llevados a cabo en modelo animal y en humano, muestran que, dado que la orientación espacial es una habilidad muy compleja, sus bases neuroanatómicas y funcionales también lo son. Así, se muestra un resumen de algunas de las principales áreas que se activan ante el uso de la orientación egocéntrica, de la orientación aloécéntrica o de ambas orientaciones, así como algunas de las principales redes funcionales que sustentan ambos tipos de orientación (Tabla 1).

TABLA 1. PRINCIPALES ÁREAS ANATÓMICAS Y REDES FUNCIONALES IMPLICADAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA ORIENTACIÓN EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA EN PERSONAS ADULTAS SANAS.

A. Anatomía estructural		
Orientación	Estructuras según función concreta	Resumen de las estructuras

	<p><i>Representaciones egocéntricas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Núcleo caudado y corteza parietal medial (Colombo y cols., 2017; Cook y Kesner, 1988) - Precúneo, cúneo y corteza parietal inferior (Colombo y cols., 2017; Nemmi, Boccia, y Guariglia, 2017) - Precúneo (Zaehle y cols., 2007) - Región parahipocampal, probablemente en relación con la corteza parietal (Saj y cols., 2014) - Parietal superior derecho y giro temporal superior (con cierta activación occipito-temporal probablemente debido al procesamiento de información irrelevante durante la tarea) (Neggers, Lubbe, Ramsey, y Postma, 2006) - Áreas frontales, parietales, tálamo e ínsula, más destacas en el hemisferio derecho (Moulinet y cols., 2016) - Giro occipital superior e inferior, corteza occipito-parietal superior bilateral y corteza premotora dorsal (Chen y cols., 2014) - Activación frontal bilateral (superior y medial), tálamo izquierdo, cerebelo bilateral e hipocampo derecho (Gomez, Cerles, Rousset, Remy, y Baciú, 2014). <p><i>Rotación vs. actualización de la posición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Si la tarea implica actualización de posición (<i>path integration</i>) frente a simple rotación, se activan el hipocampo derecho, el lóbulo parietal superior izquierdo, giro precentral bilateral y cerebelo. Por el contrario, cuando comparamos la rotación, se activa el córtex retrosplenial derecho, lóbulo parietal superior, giro frontal medial, tálamo derecho y cerebelo bilateral (Gomez y cols., 2014) <p><i>Información de la posición de la cabeza</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corteza retrosplenial (Colombo y cols., 2017; Gomez y cols., 2014; Nemmi y cols., 2017) - Corteza parietal posterior (Saj y cols., 2014) - Corteza prefrontal dorsolateral (Gramann y cols., 2010) 	<ul style="list-style-type: none"> - Precúneo - Cuneo - Corteza parietal (inferior, superior derecha, posterior) - Corteza temporal (superior) - Corteza occipital (superior e inferior) - Corteza frontal (superior y medial) - Tálamo - Ínsula - Hipocampo derecho - Cerebelo - Predomino generalizado del hemisferio derecho
--	---	--

<p style="text-align: center; color: #8B4513;">Orientación aloécéntrica</p>	<p><i>Representaciones aloécéntricas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Giro temporal superior (Nemmi y cols., 2017) - Giro parahipocampal bilateral, precúneo, giro lingual, corteza frontal, giro temporal medial derecho, giro occipital medial y giro temporal superior derecho (Boccia, Nemmi, y Guariglia, 2014) - Giro hipocampal bilateral, giro temporal inferior bilateral, giro frontal superior e inferior derechos y lóbulo parietal superior e inferior derechos. (Zaehle y cols., 2007) - Corteza temporal inferior izquierda (Saj y cols., 2014) - Descenso en la activación en el giro temporal superior al ser comparado con la orientación egocéntrica (Negggers y cols., 2006) - Giro temporal inferior, giro occipital inferior, cisura calcarina y cúneo (Chen y cols., 2014) - Cúneo bilateral (Gomez y cols., 2014) <p><i>Aprendizaje/reconocimiento de claves ambientales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corteza parahipocampal (Aguirre, Detre, Alsop, y D'Esposito, 1996; Colombo y cols., 2017) - Hiperactivación hipocampal en las personas ancianas al ser comparadas con jóvenes (Schuck, Doeller, Polk, Lindenberger, y Li, 2015) - Giro parahipocampal derecho (Maguire, Frith, Burgess, Donnett, y O'Keefe, 1998) 	<ul style="list-style-type: none"> - Giro parahipocampal (derecho) - Precúneo y cuneo - Giro lingual - Cisura calcarina - Corteza temporal (medial derecha, superior, inferior bilateral, inferior izquierda) - Corteza parietal (superior e inferior derechas) - Corteza frontal (superior) - Corteza occipital (medial, inferior)
<p style="text-align: center; color: #8B4513;">Orientación egocéntrica y aloécéntrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bilateralmente, giro occipital superior, precúneo, parte anterior del surco calcarino, giro frontal superior y giro temporal inferior izquierdo (Zaehle y cols., 2007) - Cortezas temporal medial e inferior, occipital medial, giro postcentral, parietal inferior y cerebelo. Este solapamiento entre ambos tipos de orientación se produce especialmente en la corteza parietal derecha (Saj y cols., 2014) - Corteza frontal medial derecha (Negggers y cols., 2006) - Áreas extraestriadas, parietales y frontales (Chen y cols., 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> - Precúneo - Surco calcarino - Corteza temporal (inferior izquierda, medial e inferior) - Corteza parietal (inferior, giro postcentral) - Corteza frontal (medial derecha, superior) - Corteza occipital (medial) - Cerebelo - Áreas extraestriadas

B. Redes funcionales	
Orientación egocéntrica	<ul style="list-style-type: none"> - Red parieto-premotora posterior (Gramann y cols., 2010) - Red parieto-premotora bilateral con cierta asimetría derecha (Galati y cols., 2000; Vallar y cols., 1999) - Red cortico-estriatal (Gramann y cols., 2010) - Red parieto-occipital: Giro occipital superior, giro angular y precúneo, todos en el hemisferio derecho (Boccia y cols., 2014) - Red fronto-temporo-parietal derecha (Moulinet y cols., 2016) - Red parieto-frontal (Chen y cols., 2014) - Red parieto-frontal, relacionado con control atencional y memoria de trabajo, que conllevaba mejor rendimiento, en relación con la integración de caminos (Arnold, Burles, Bray, Levy, y Iaria, 2014)
Orientación alocéntrica	<ul style="list-style-type: none"> - Red parieto-premotora, con mayor activación en el cíngulo anterior (Gramann y cols., 2010) - Red formada por el parahipocampo posterior y giro lingual siguiendo una navegación basada en claves ambientales, que conllevaba un peor rendimiento., en relación con la integración de caminos (Arnold y cols., 2014)
Orientación egocéntrica y alocéntrica	<ul style="list-style-type: none"> - Red parieto-frontal bilateral, incluyendo el parietal posterior, el giro occipital superior y el giro frontal superior (Zaehle y cols., 2007) - Red conjunta que incluye el giro fusiforme, ínsula, giro lingual, precúneo, cíneo y lóbulo frontal superior bilateral, así como giro occipital medial derecho, giro precentral izquierdo y giro frontal medial izquierdo. (Boccia y cols., 2014) - Red occipito-parieto- temporal (Gomez y cols., 2014)

A modo resumen, puede observarse como la orientación alocéntrica se ha relacionado principalmente con el hipocampo, parahipocampo, corteza retrosplenial y la corteza temporal inferior y superior, pero también con el resto de las cortezas: frontal, parietal y occipital. Por otro lado, la orientación egocéntrica se asocia con cortezas parietales (precúneo y córtex inferior y superior), corteza temporal y corteza frontal, así como con algunas estructuras subcorticales, como el estriado, el tálamo y la ínsula. Sin embargo, muchas de estas áreas son compartidas por ambos tipos de orientación, especialmente el precúneo y las cortezas parietales, temporales, y frontales. Por último, ambas estrategias parecen implicar una red bilateral parieto-frontal que incluye principalmente regiones parietales y premotoras, pero que también puede incluir regiones occipitales visuales.

Así pues, podemos concluir que orientación egocéntrica y alocéntrica suponen dos funciones disociadas en tanto a sus bases neuroanatómicas, pero a la par se trata de capacidades claramente interrelacionadas.

1.2.4. Evaluación de la orientación espacial en niños y adultos

En el estudio de revisión llevado a cabo por Fernandez-Baizan, Arias, y Mendez (2019) (ver Trabajo original I), se han podido analizar diferentes cuestiones relacionadas con la evaluación de esta capacidad en niños.

En primer lugar, se ha podido comprobar que existe una amplísima variedad de estudios y test que evalúan la estrategia allocéntrica, pero se encuentran muy pocas publicaciones y pruebas dedicados al estudio del marco egocéntrico, a pesar de ser el primero que surge en la infancia (Acredolo, 1978; Acredolo y Evans, 1980; Piaget y Inhelder, 1967). Este panorama dificulta la evaluación completa de las habilidades de orientación espacial en infancia, debido a la acusada falta de tareas de evaluación egocéntrica y debido a la imposibilidad de comparar en una misma persona el rendimiento de sus estrategias egocéntrica y allocéntricas por separado. Esta situación aún cobra más importancia si hablamos de poblaciones clínicas que han demostrado tener problemas en la cognición espacial. Así, dichas dificultades han sido encontradas en niños prematuros (Cimadevilla, Roldán, París, Arnedo, y Roldán, 2014), en el síndrome de Williams (Bernardino, Mougá, Castelo-Branco, y Van Asselen, 2013; Broadbent, Farran, y Tolmie, 2014; Nunes y cols., 2013; Vicari, Bellucci, y Carlesimo, 2003), en el síndrome de Down (Lavenex y cols., 2015), en parálisis cerebral infantil (Belmonti, Fiori, Guzzetta, Cioni, y Berthoz, 2015) y en el síndrome de alcohol fetal (Hamilton, Kodituwakku, Sutherland, y Savage, 2003). Una de las poblaciones más relevantes que presentan problemas en estas capacidades son aquellas personas diagnosticadas de desorientación topográfica del desarrollo (DTD) (Bianchini y cols., 2014; Conson y cols., 2018; Iaria y Barton, 2010; Iaria, Bogod, Fox, y Barton, 2009; Iaria y cols., 2005; Nemmi y cols., 2015; Palermo, Foti, Ferlazzo, Guariglia, y Petrosini, 2014; Palermo, Piccardi, y cols., 2014), caracterizados por presentar problemas relacionados con el conocimiento topográfico, la navegación espacial, la dificultad para reconocer puntos de referencia, para ser conscientes de la posición de su cabeza y adaptarse a posibles cambios de la misma, para reconocer las direcciones izquierda-derecha, para aprender rutas y para crear y posteriormente emplear mapas cognitivos (Iaria y Barton, 2010). Cabe destacar que se trata de un trastorno del neurodesarrollo que actualmente aún ha sido poco estudiado, entre otros motivos, por la falta de detección de estos problemas. De hecho, muchos de los casos actuales han sido diagnosticados en su vida adulta, a pesar de que todas estas dificultades ya estaban presentes en la infancia.

Por otro lado, parece que la tendencia de introducir nuevas tecnologías y tareas computarizadas en la evaluación en infancia de la orientación espacial todavía no está muy extendida, al contrario que en los adultos, como veremos a continuación. Se emplean así en la evaluación infantil diferentes métodos, tales como videos proyectados en televisión (Schmuckler y Tsang-Tong, 2000), programas en ordenadores (Bullens, Iglói, Berthoz, Postma, y Rondi-reig, 2010; León, Cimadevilla, y Tascón, 2014; Merrill, Yang, Roskos, Steele, y Farran, 2016; van den Brink y Janzen, 2013; Yang, Merrill, y Wang, 2019), realidad aumentada (Rodríguez-Andres, Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, y Lluch, 2016; Rodríguez-Andres, Mendez-Lopez, Juan, y Perez-Hernandez, 2018) y realidad virtual (Negen y cols., 2018). No obstante, el uso de tareas en entornos reales es mucho más frecuente en esta población. De esta forma, podemos comprobar que la mayoría de las tareas se plantean, al menos en parte, de una manera relativamente ecológica, donde el niño

puede moverse libremente y, así, lograr una mayor semejanza con la navegación espacial que ocurre de manera cotidiana.

Así pues, todo ello pone de manifiesto la importancia de contar con tareas de evaluación para la orientación espacial adaptadas para la población infantil y que consideren ambos marcos de referencia por separado, pero que también permita comparar ambas estrategias entre sí. Por ello, es necesario, en primer lugar, saber cómo funcionan estas estrategias en población de desarrollo típico, para posteriormente poder establecer una comparativa con diferentes poblaciones clínicas infantiles con afectación neurológica, con la finalidad de establecer un posible diagnóstico que posibilite el inicio de un proceso de estimulación o intervención en caso de ser necesario. Asimismo, es importante que estas tareas se planteen de la forma más funcional posible, permitiendo la propia locomoción del niño participante, para recrear al máximo posible las condiciones naturales en las que se da la orientación espacial, pero en un entorno que nos permita ejercer un control de las variables influyentes.

Y, ¿qué ocurre con la valoración en población adulta y anciana? Como mencionábamos, la situación actual se caracteriza por un amplio uso de tareas computarizadas o basadas en tecnologías actuales (Driscoll y cols., 2005; Goeke y cols., 2015; Iaria, Palermo, Committeri, y Barton, 2009; León y cols., 2016; Moffat y Resnick, 2002; Rodgers y cols., 2012; Rodríguez-Andrés y cols., 2018; Wiener y cols., 2013) que varían desde tareas de ordenador que emplean softwares 3D hasta tareas en realidad aumentada o virtual. Estas pruebas cuentan con ventajas innegables, tales como facilidad en su administración, un amplio control de variables por parte del examinador, como la complejidad, el tiempo de respuesta, las pistas disponibles o el camino seguido por el participante o que algunas pueden aplicarse durante la obtención de neuroimagen funcional. Sin embargo, debemos tener en cuenta que la orientación espacial es una función caracterizada por el movimiento del individuo y por la recepción de señales propioceptivas, somestésicas y vestibulares continuas (Banta Lavenex y cols., 2011; Moffat, 2009; Piccardi y cols., 2008), que muchas veces este tipo de tareas virtuales no permiten recibir. Así pues, si queremos tratar de obtener una medida real de qué ocurre en la orientación espacial del día a día del individuo, es importante tratar de dotar a las tareas de evaluación de la mayor funcionalidad posible, donde el movimiento y la presencia de todas estas señales esté presente. Esta situación parece más influyente en el caso de las personas mayores, ya que estudios previos han encontrado que las habilidades de navegación se ven más afectadas en esta población si la tarea se realiza virtualmente que si se permite la locomoción (Adamo y cols., 2012). Por otro lado, sí que existen tareas más funcionales que evalúan esta capacidad en adultos y mayores implicando todos aquellos tipos de información anteriormente mencionados (Banta Lavenex y Lavenex, 2010; Gazova y cols., 2013; Hu y cols., 2018; Piccardi y cols., 2008; Rosenbaum, Winocur, Binns, y Moscovitch, 2012; Ruggiero y cols., 2016). Sin embargo, la mayoría estudios se centran en evaluar los marcos de referencia por separado. Por ello, encontramos estudios que evalúan el marco egocéntrico (Piccardi y cols., 2008), o en el marco allocéntrico (Banta Lavenex y Lavenex, 2010; Rosenbaum y cols., 2012), y cuando se evalúan ambos, esto se realiza sin establecer diferencias claras en el rendimiento de uno y otro (Gazova y cols., 2013; Ruggiero y cols., 2016). Por tanto, observamos que existen dificultades para comparar directamente la ejecución de un marco y otro.

1.2.5. El papel del cortisol en la orientación espacial

Una de las hormonas que más importancia han cobrado en el ámbito de la psicología, especialmente por su relación con el estrés, es el cortisol. El cortisol es la principal hormona de tipo glucocorticoide que poseemos los vertebrados y es secretada principalmente por las glándulas suprarrenales (Miller, 2018), cuya liberación depende del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (Smith y Vale, 2006). Así pues, la síntesis del cortisol comienza por acción de la hormona liberadora de la corticotropina, secretada por las neuronas hipofisiotrópicas localizadas en el núcleo paraventricular del hipotálamo. A través de los vasos portales hipofisarios, estas hormonas liberadoras llegan a la hipófisis o glándula pituitaria anterior, a la cual se unen e inducen la liberación de la hormona adrenocorticotropina. Esta hormona es liberada al torrente sanguíneo y se une a los receptores de la corteza suprarrenal, donde se estimula finalmente la síntesis de glucocorticoides y la secreción en la circulación sistémica. Cabe mencionar, también, que existen mecanismos auto-regulatorios de los glucocorticoides, los cuales inhiben una mayor activación de este eje hipotalámico-hipofisario-adrenal a través de receptores intracelulares que se encuentran ampliamente repartidos por todo el cerebro y por los tejidos periféricos, tratando así de mantener, como casi todos los sistemas de nuestro organismo, una correcta homeostasis.

Además, el cortisol es una hormona que sufre una gran variación circadiana de acuerdo al ritmo sueño-vigilia, alcanzando los niveles más altos en la mañana y los más bajos a medianoche (Turpeinen y Hämäläinen, 2013). Sin embargo, su liberación puede verse alterada rompiendo esta homeostasis, siendo uno de los principales factores que influyen en este proceso, como mencionamos anteriormente, los niveles de ansiedad o estrés (Aguilar Cordero y cols., 2014; Hellhammer, Wüst, y Kudielka, 2009).

Las formas de registrar los niveles puntuales de cortisol en el ser humano son, principalmente, por el análisis de su presencia en la sangre, la orina y la saliva (Turpeinen y Hämäläinen, 2013). Por su baja invasividad y facilidad en la recogida, el más empleado es la recogida en saliva (Aguilar Cordero y cols., 2014; Hellhammer y cols., 2009). El cortisol salival recoge un ultrafiltrado de cortisol en plasma y refleja los niveles de cortisol biológicamente activo (no ligado a proteínas), siguiendo además la variación circadiana del cortisol sérico (Turpeinen y Hämäläinen, 2013).

Si bien comentábamos que esta hormona se ha relacionado principalmente con condiciones como la ansiedad o el estrés, también se ha tratado de analizar si guarda algún tipo de asociación con el funcionamiento cognitivo, más concretamente, con el rendimiento en memoria y orientación espacial. Se ha visto que las personas jóvenes se benefician más que las personas mayores de tener niveles más elevados de cortisol ante una tarea de memoria (Kukolja, Thiel, Wolf, y Fink, 2008), así como las personas que han pasado previamente por una situación estresante rinden mejor que aquellas que no han experimentado dicho evento, teniendo el cortisol en estos casos un “efecto protector” en el aprendizaje y la memoria (Meyer y cols., 2013). Sin embargo, otros estudios no encuentran que los niveles de cortisol afecten al rendimiento en memoria (Schwabe y cols., 2007; Schwabe, Oitzl, Richter, y Schächinger, 2009). Por otra parte, hallamos resultados contradictorios en tanto a la relación entre la estrategia de orientación y los niveles de cortisol, encontrando en un caso que las personas jóvenes tienden a emplear claves egocéntricas a mayores niveles de cortisol presenten (Schwabe y cols., 2007; Schwabe y cols., 2009), mientras que en otro caso se

halla que los participantes que siguen claves egocéntricas son los que menores valores de cortisol presentan (Bohbot, Gupta, Banner, y Dahmani, 2011). Por otra parte, también se ha comprobado en personas adultas que valores elevados de cortisol se relacionan con un volumen hipocampal incrementado, relacionado a su vez con peor rendimiento en memoria (Pruessner, Pruessner, Hellhammer, Bruce Pike, y Lupien, 2007).

Dada la relación que existe entre esta hormona y su rendimiento en memoria espacial en adultos, así como la influencia de sus niveles sobre determinadas estructuras cerebrales que participan de esta función, sería posible que el cortisol también estuviera relacionado con el desempeño en orientación espacial en la infancia. Sin embargo, apenas encontramos estudios que analicen esta relación. Sí que se ha encontrado, por ejemplo, que niveles levemente elevados de cortisol se relacionan con un desarrollo cognitivo adecuado en los tres primeros años de vida (Forns y cols., 2014; Saridjan y cols., 2014), que a los 5 y 6 años niveles moderados de cortisol se relacionan con mejor rendimiento en tareas ejecutivas (Blair, Granger, y Razza, 2005; Davis, Bruce, y Gunnar, 2002) y que en niños de 3 a 7 años, mayores niveles de cortisol al despertar se relacionan con una mejor memoria prospectiva (Bäumler et al. 2014). Por otra parte, en niños de 7 a 12 años, se ha visto que mayores niveles de cortisol se relacionan con menor volumen en las partes laterales de los segmentos anterior, medio y posterior del área CA1 del hipocampo, así como con mayores volúmenes en los subcampos CA3 y circunvolución dentada, localizados en el hipocampo anterior (Wiedenmayer y cols., 2006). Todo ello nos puede llevar a pensar que el cortisol también puede tener influencia sobre el funcionamiento de la orientación espacial en la infancia.

1.3. Prematuridad

Un nacimiento a término es aquel que se da entre la semana 37 y la 42 de gestación, siendo un parto posttérmino el que se da a partir de la semana 42 y un parto pretérmino el que se produce antes de la semana 37. El número de nacimientos prematuros en los países desarrollados va en aumento, estimándose que entre un 8 y un 11% de los niños nacen antes de la fecha prevista, y suponiendo con ello una de las principales causas de muerte neonatal (Beck y cols., 2010). No obstante, cabe destacar que el 90% de ellos sobrevive, debido a la mejora en los cuidados neonatales, y así, los esfuerzos actuales se dirigen, por un lado, a una mayor prevención de aquellos casos con mayores factores de riesgo, tales la edad de la madre (siendo factor de riesgo tanto edades muy jóvenes como muy mayores) la fecundación in vitro, enfermedades crónicas en la madre, embarazos múltiples, etc. (Blencowe y cols., 2013), y por otro, a mejorar los posibles riesgos derivados de la prematuridad (Allen, 2008).

Así, en los nacimientos prematuros, dos variables principales son tenidas en cuenta por su pertinencia para clasificar a estos neonatos y por su potencial repercusión en el desarrollo futuro del niño. Estas son: la edad gestacional y peso al nacimiento. Así, un niño puede ser prematuro moderado– nacimiento antes de la semana 37 –, muy prematuro – nacimiento antes de la semana 32 – y extremadamente prematuro – nacimiento antes de la semana 28 –, y, además, un niño puede ser de bajo peso – por debajo de los 2.500 gramos –, de muy bajo peso– por debajo de los 1.500 gramos – y de extremado bajo peso – por debajo de los 1.000 gr –. Así, suele encontrarse que a menor edad gestacional y a peso más reducido en el nacimiento, mayor probabilidad de sufrir alteraciones en el desarrollo (Sanchez-Joya y cols., 2017).

Estas afectaciones suelen centrarse en un peor rendimiento neuropsicológico, mayor presencia de problemas conductuales, como problemas en sus habilidades sociales y presencia de problemas disruptivos en el comportamiento (Fan, Portuguez, y Nunes, 2013) y comorbilidades con diferentes trastornos, como el TDAH o trastornos del espectro autista (Arpi y Ferrari, 2013; Bhutta, Cleves, Casey, Craddock, y Anand, 2002; Delobel-Ayoub y cols., 2009; Franz y cols., 2018; Johnson y cols., 2010).

En cuanto al comportamiento en esta población, gran parte de los estudios hallan que estos niños, a lo largo de su infancia, tienden a una mayor presencia de conductas desadaptativas, principalmente internalizantes, tales como la inatención o la ansiedad, (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus, van Goudoever, y Oosterlaan, 2009; Alcantara-Canabal, Fernandez-Baizan, Solis-Sanchez, Arias, y Mendez, 2018; Cassiano, Gaspardo, y Linhares, 2016), pero también externalizantes, como la hiperactividad, (Potijk, De Winter, Bos, Kerstjens, y Reijneveld, 2012) en comparación con los nacidos a término. Por otro lado, en momentos tempranos del desarrollo, donde se suele considerar además de la conducta, el estilo de temperamento, esto es, la tendencia comportamental general del niño, los resultados muestran que los niños tienden a mostrar mayor nivel de extraversión, pero también de inatención (Cassiano, Provenzi, Linhares, Gaspardo, y Montiroso, 2020; Cassiano, Gaspardo, Facioli, Martinez, y Linhares, 2017), aunque no todos los estudios concuerdan con estos hallazgos (Sajaniemi y cols., 2001; Sun, Mohay, y Callaghan, 2009).

Centrándonos ahora en el rendimiento cognitivo, se ha encontrado que los niños prematuros suelen presentar dificultades en el funcionamiento ejecutivo y habilidades atencionales (Loe,

Chatav, y Alduncin, 2015). Otras funciones cognitivas han sido menos tenidas en cuenta, como ocurre con la memoria (Aanes, Bjuland, Skranes, y Løhaugen, 2015; Omizzolo y cols., 2014) o las habilidades visoespaciales (Butcher y cols., 2012; van Veen, van Wassenauer-Leemhuis, van Kaam, Oosterlaan, y Aarnoudse-Moens, 2019). Estas alteraciones neuropsicológicas afectan a diferentes esferas de la vida de los prematuros, como a su calidad de vida general (Vieira y Linhares, 2016) y a su rendimiento escolar (Aarnoudse-Moens y cols., 2009; Twilhaar, De Kieviet, Aarnoudse-Moens, Van Elburg, y Oosterlaan, 2017), el cual además puede encontrarse afectado por diferentes dificultades del aprendizaje que son más comunes en la prematuridad, como problemas en sus habilidades matemáticas (Aarnoudse-Moens y cols., 2009; Hasler y Akshoomoff, 2019). Relacionado con ello, el inicio de la etapa escolar primaria es un periodo especialmente vulnerable para estos niños, dado que las demandas académicas comienzan a ser cada vez más exigentes y las dificultades que antes permanecían latentes pueden comenzar a emerger.

1.3.1. Desarrollo cerebral prenatal y postnatal tras el nacimiento prematuro.

Cuando un bebé nace antes de tiempo, adelantándose semanas o incluso meses, contamos con un niño cuyo sistema nervioso no ha alcanzado el nivel previsto, pudiendo traer ello consecuencias en su desarrollo posterior.

Desde el momento de la fecundación hasta el momento del nacimiento, se suceden toda una serie de rápidos cambios que permiten el desarrollo del cigoto hasta dar lugar al embrión, al feto y finalmente al bebé. En este proceso del desarrollo encefálico temprano se suceden una serie de importantes cambios que ocurren en diferentes momentos del periodo embrionario y fetal (Couperus y Nelson, 2006; Semrud-Clikeman, 2007): en primer lugar, aparecerá la primera capa germinativa – ectodermo - que dará lugar al futuro sistema nervioso (15 días). Estas primeras células nerviosas ocuparán sus respectivas posiciones gracias a la glía radial en un proceso denominado migración (8 semanas). En estos momentos del desarrollo, se iniciará una intensa proliferación neuronal, seguida de un proceso de diferenciación de dichas células en función a la estructura de la que formará parte. Así, comenzarán a diferenciarse las vesículas que darán lugar a las futuras estructuras encefálicas (3 meses). Esto ocurrirá simultáneamente a un intenso crecimiento axonal, dando lugar a la comisura anterior y a la comisura hipocampal en torno a los 3 meses de gestación, mientras que el desarrollo de otros haces de fibras importantes, como el cuerpo calloso se inicia más tardíamente y continúa incluso postnatalmente. Por otra parte, las primeras sinapsis entre neuronas pueden ser observadas en el quinto mes del feto, aunque se ha visto que la mayor creación de sinapsis ocurre durante el primer año de vida (McCartney y Phillips, 2008). A medida que los procesos de migración y proliferación van sucediendo, vamos pudiendo observar diferentes capas corticales, que ya serán visibles durante el quinto mes del feto, seguido de un progresivo engrosamiento cortical que dará lugar a los primeros surcos y pliegues. Así, la cisura longitudinal aparece a las 10 semanas, el surco lateral y parieto-occipital a las 14 semanas y el surco central a las 20 semanas (Semrud-Clikeman y Teeter Ellison, 2007). A las 20 semanas son visibles la mayoría de los surcos corticales, la organización laminar se distingue claramente en el lóbulo parieto-occipital y en las regiones periféricas del hipocampo, y los núcleos basales, el tallo cerebral y el cerebelo ya han adquirido su forma habitual (Zhang y cols., 2011). Por todo ello,

podemos comprobar que, aunque el desarrollo del sistema nervioso comience muy tempranamente en la vida prenatal, este proceso se extiende durante toda la gestación e incluso continúa durante el periodo posnatal.

Si bien parece que entre las semanas 20 y 24 se cuenta con un encéfalo relativamente formado, dado que las diferentes estructuras y surcos ya han adquirido su forma habitual y los procesos de migración neuronal se dan por terminados, se encuentran diferencias estructurales y funcionales en el cerebro de los recién nacidos prematuros al compararlos con controles cuyo desarrollo nervioso ha sido completado (Jolesz y cols., 2005). La totalidad del volumen cerebral y el volumen de las sustancias gris y blanca es más reducido en aquellos neonatos que tienen menor edad gestacional, encontrando que el volumen de materia gris es menor en estructuras corticales en comparación con subcorticales y que la mielinización de la sustancia blanca es muy escasa en niños con edades gestacionales menores. Asimismo, se encuentra una disfunción del sistema tálamo-cortical en neonatos prematuros a edad corregida. El menor volumen talámico se relaciona con alteraciones en otras estructuras, tales como regiones fronto-temporales, corteza cingulada e hipocampo, así como con disfunciones en la microestructura de la sustancia blanca (Ball y cols., 2012). Además, este nacimiento más temprano provocará una inmadurez cerebral en todos los sentidos (mielinización, plegamiento cortical, desarrollo de la matriz germinal y migración por glía radial), que se relaciona directamente con la edad corregida de los niños prematuros (Childs y cols., 2001).

También se han analizado el desarrollo de diferentes redes neurales en los neonatos prematuros. Se encuentra que, en comparación con neonatos nacidos a término, la red neural por defecto se encuentra incompleta dado que algunas áreas que la componen se muestran hipoactivadas (Doria y cols., 2010). No obstante, no hay diferencias entre a término y prematuros en otras bases que sustentarán otras futuras redes, como la frontoparietal o la del control ejecutivo (Doria y cols., 2010). Cabe mencionar además que los niños pretérmino de 30 semanas de edad gestacional ya se detecta la activación de las áreas asociadas a la red de reposo (Doria y cols., 2010) aunque parece que las conexiones entre estas estructuras son más débiles al ser comparados con niños a término a los 36 meses de edad (Damaraju y cols., 2010).

Por otro lado, estas alteraciones tempranas halladas en el cerebro de los neonatos prematuros se relacionan, como cabría esperar, con problemas en el neurodesarrollo posterior. Así, alteraciones en la materia gris y blanca detectadas en el periodo neonatal se relacionan con mayor riesgo de problemas en el neurodesarrollo a los 2 años de edad, tales como parálisis cerebral o retraso motor (Woodward, Anderson, Austin, Howard, y Inder, 2006).

Por todo ello, vemos que, aunque existe un sistema nervioso relativamente formado en el recién nacido prematuro, algunos procesos importantes para su correcto funcionamiento, como el progresivo engrosamiento cortical, mielinización, conectividad, etc., no tendrán lugar en el periodo intrauterino, como sí ocurre con los nacidos a término. Por ello, no es frecuente que los niños prematuros presenten graves problemas en su desarrollo, que sí son observados en otras poblaciones cuyo desarrollo neurológico prenatal ha sido alterado en estadios mucho más anteriores, sino que es esperable que, en aquellos procesos de orden superior dependientes de estructuras corticales sí que podamos encontrar algunos retrasos o alteraciones.

Entonces, ¿qué ocurre con el desarrollo cerebral de los prematuros a lo largo de la infancia, adolescencia e incluso la vida adulta? De 7 a 12 años, se encuentra cierto adelgazamiento cortical

focalizado en la corteza del hemisferio derecho al comparar prematuros y a término, que se relaciona con mejores puntuaciones cognitivas. Concretamente, el menor grosor temporal se relaciona con mejor función ejecutiva, la disminución del grosor fronto-parieto-temporal se asocia con mejor aprendizaje verbal y la menor superficie cortical prefrontal está vinculada con una memoria de trabajo más eficiente (Mürner-Lavanchy, Rummel, Steinlin, y Everts, 2018). También se encuentra en medidas longitudinales desde los 8 hasta los 12 años, que el volumen de sustancia gris disminuye en los niños prematuros, pero esta reducción es mucho menor que en sus pares nacidos a término (Ment y cols., 2009). En cuanto a la sustancia blanca, el aumento que se da en niños controles es muy superior al crecimiento de la misma en la prematuridad (Ment y cols., 2009). Por otra parte, se ha visto que los niños nacidos prematuros a los 11 años de edad presentan menor volumen en la sustancia blanca del cuerpo caloso y la cápsula interna (Nagy y cols., 2003). Durante la adolescencia, sigue apreciándose una reducción del grosor cortical que parece depender de una menor edad gestacional y un menor peso al nacer (Nagy, Lagercrantz, y Hutton, 2011). De esta forma, se observó que aquellos adolescentes que habían nacido con muy bajo peso (<1500 gr) presentaban un patrón de adelgazamiento cortical focalizado en las regiones posteriores parietales y corteza prefrontal, mientras que aquellos que presentaban tanto baja edad gestacional como muy bajo peso al nacer, tendrían a presentar menor grosor en zonas cercanas al surco central y en los lóbulos temporales. Algunas alteraciones persisten incluso hasta la adultez. Así, se han podido detectar alteraciones microestructurales en la sustancia blanca, concretamente, en el cuerpo caloso, tractos sensoriomotores y tractos de asociación larga interhemisférica, encontrándose además todo ello asociado con peores puntuaciones cognitivas (Allin y cols., 2011). Sin embargo, también se encuentra que los adultos nacidos prematuros presentan mayor cantidad de sustancia blanca en los fascículos fronto-occipitales inferiores izquierdo y derecho, fascículo uncinado izquierdo, fascículos longitudinales superiores y corona radiata anterior, cuyo aumento con respecto a los controles parece deberse a mecanismos de compensación (Allin y cols., 2011).

Así pues, podemos ver como un nacimiento prematuro tiene consecuencias neuroanatómicas y funcionales inmediatas, pero también a lo largo de la infancia, adolescencia y adultez. De esta forma, la población prematura se convierte en un colectivo de riesgo de desarrollo de problemas posteriores a lo largo de prácticamente toda la vida. No obstante, también tenemos que destacar que este riesgo no es el mismo para todos los prematuros, sino que depende de una serie de condiciones o variables influyentes. Dos de las más importantes, edad gestacional y peso al nacer, ya han sido mencionadas, pero existen otros muchos factores a tener en cuenta a la hora de analizar el riesgo de alteraciones en el neurodesarrollo.

1.3.2. Condiciones perinatales, neonatales y posnatales asociadas al nacimiento

Existen toda una serie de variables que pueden estar presentes antes, durante y después de un nacimiento prematuro que también afectan a la salud del recién nacido, como aquellas que presenta la madre durante el embarazo y aquellas que afectan al bebé inmediatamente después de su nacimiento y en momentos posteriores, que llamaremos de forma genérica factores de riesgo perinatales. Se ha podido comprobar que la presencia de estas condiciones no solo impacta de manera inmediata sobre el neonato prematuro, sino que diferentes estudios han encontrado

que pueden igualmente afectar en su neurodesarrollo posterior. Por ejemplo, la presencia de hipertensión materna durante el embarazo (Spinillo y cols., 2009), las infecciones genitourinarias y la corioamnionitis – infección del líquido amniótico– (Lee y cols., 2014) se ha relacionado con peores puntuaciones en desarrollo cognitivo a los 2 años en niños pretérmino. Otras variables relacionadas con las características del neonato y su salud, como la edad gestacional, el ductus arterioso persistente – ausencia del cierre esperable de un vaso sanguíneo que conecta la aorta con la arteria pulmonar– y el perímetro craneal se relaciona con un cociente intelectual (CI) más bajo en niños prematuros a los 7 años (Cooke, 2005). Igualmente, la presencia de hemorragia periventricular se relaciona con menor CI en los prematuros entre los 4 y los 12 años (Roze y cols., 2009). La presencia de factores tales como hemorragia intraventricular y alteraciones estructurales y funcionales registradas en resonancia magnética en el periodo neonatal se asociaron con alteraciones en el desarrollo cognitivo a los 2 años de edad (Woodward y cols., 2006). Además, la sepsis – respuesta inmunitaria derivada de una infección bacteriana – y la fiebre en la madre se relacionaron con peor memoria de trabajo visoespacial en los prematuros, aunque en el caso de la fiebre, este efecto estuvo mediado por el daño en la sustancia blanca (Woodward, Edgin, Thompson, y Inder, 2005). Se ha podido comprobar que esta influencia puede extenderse incluso a la vida adulta, donde aquellos neonatos prematuros que recibieron ventilación mecánica o que sufrieron algún tipo de hemorragia intraventricular presentan un CI menor en la adultez (Breeman, Jaekel, Baumann, Bartmann, y Wolke, 2017).

Sin embargo, todavía no existe acuerdo con respecto a los factores de riesgo perinatal y el desarrollo cognitivo posterior. Así, prematuros de 5 a 8 años que recibieron cirugía temprana debido a la dilatación ventricular post-hemorrágica obtuvieron puntuaciones medias en CI (Brouwer y cols., 2012). Por otra parte, tampoco se encuentra que el riesgo médico en el periodo neonatal se relacione con diferentes perfiles cognitivos mostrados por niños prematuros a los 5 años (Lundequist, Böhm, y Smedler, 2013). Además, muchas otras variables analizadas en los estudios anteriormente mencionados no alcanzaron resultados significativos, tales como la sepsis, la rotura prematura de membranas, la enterocolitis necrotizante – inflamación del tejido del colon - etc. (Cooke, 2005; Lee y cols., 2014; Spinillo y cols., 2009). Así, observamos que todavía hay resultados poco concluyentes en cuanto a la influencia posterior de los factores de riesgo perinatales y, además, estos estudios centran su evaluación en el CI, lo que no permite diferenciar las diferentes capacidades neuropsicológicas. Otros estudios que parecen profundizar más en el funcionamiento cognitivo del niño prematuro, encuentran déficits en las capacidades visoperceptivas que pueden estar asociadas a las complicaciones médicas al nacer (Sanchez-Joya y cols., 2017), aunque estos resultados son obtenidos a través de un índice o inventario para medir el riesgo perinatal, impidiendo así conocer cuáles de estas variables perinatales y obstétricas están influyendo en el desarrollo posterior.

Hay que mencionar que, aunque estas condiciones pueden afectar realmente a cualquier niño recién nacido, existe una mayor prevalencia en el neonato prematuro, asociado con una menor edad gestacional y una mayor inmadurez general del organismo. Todo ello implica que cualquier cuestión que afecte durante el periodo prenatal, perinatal y postnatal temprano puede tener un impacto sobre el funcionamiento del sistema nervioso, y por esta razón, no solo sería importante tener en cuenta variables como la edad gestacional o el peso en el nacimiento, sino todas aquellas que afectan a la madre durante la gestación, que afectan durante el parto y en los primeros momentos tras el nacimiento, a la hora de analizar el riesgo de desarrollar problemas neuropsicológicos a lo largo de la infancia.

1.3.3. Memoria visoespacial y orientación espacial en la prematuridad

Comentábamos previamente que la memoria de reconocimiento visual sienta las bases para la memoria visoespacial. Esta capacidad, sin embargo, no parece afectada en niños prematuros de muy bajo peso seguidos longitudinalmente a los 5, 7 y 12 meses (Rose, Feldman, y Jankowski, 2001). Así pues, parece que, de detectarse algún problema de memoria visoespacial en estos niños, esto no debería ser asociado a problemas en la memoria visual.

Hablando ya de memoria visoespacial, se ha encontrado un peor desempeño en tareas de permanencia del objeto en niños prematuros de peso extremadamente bajo al nacer entre 18 y 22 meses, estando su ejecución relacionada con factores como la autorregulación emocional, o el género, donde las niñas rinden mejor (Lowe, Maclean, Shaffer, y Watterberg, 2009). En una tarea de memoria de dos posibles localizaciones y con la inclusión de periodos de demora, no se encontraron diferencias significativas a los 2,5; 4,5 ni 6,5 meses de edad entre prematuros y nacidos a término (Wilcox, Nadel, y Rosser, 1996). Cuando estas localizaciones suben a 3, introduciendo también demora, y se valora a niños muy prematuros de 8 meses, estos rinden por debajo de los controles (Sun y cols., 2009). Sin embargo, niños prematuros seguidos de los 7 a los 15 meses de edad corregida, muestran mejor tolerancia a la demora que los niños controles, pero estas diferencias desaparecen con la edad cronológica (Matthews, Ellis, y Nelson, 1996). Los niños prematuros a los 2 años necesitan mayor tiempo para aprender, así como mayores dificultades para emitir respuestas flexibles al ser comparados con controles en una tarea de memoria de trabajo visoespacial (Woodward y cols., 2005). Además, esta afectación del rendimiento en memoria de trabajo se relaciona con mayores alteraciones en la sustancia blanca, mayor volumen de líquido cefalorraquídeo y menor volumen de tejido cerebral total (Woodward y cols., 2005). De 2 a 3 años, los niños prematuros de bajo peso muestran mayores dificultades para realizar una tarea de alternancia demorada, en la que una recompensa va cambiando de posición entre dos posibles localizaciones tras la introducción de un periodo de demora (Espy y cols., 2002). A los 3 años, los niños prematuros de peso extremadamente bajo al nacer rinden peor que los controles en memoria a corto y a largo plazo visoespacial, pero no existen diferencias entre a término y prematuros tardíos, poniendo de manifiesto la importancia del peso al nacer y la edad gestacional a la hora de analizar las capacidades de memoria visoespacial (Baron, Erickson, Ahronovich, Litman, y Brandt, 2010). Se encuentran alteraciones tanto en la memoria de trabajo verbal como en la visoespacial en niños prematuros a los 6 años, guardando relación su ejecución con ciertas características cerebrales presentadas en su etapa neonatal (Clark y Woodward, 2010). Concretamente, alteraciones en la sustancia blanca y en la sustancia gris, así como el volumen cerebral total, se relacionaron con la ejecución de la memoria de trabajo visoespacial (Clark y Woodward, 2010). A los 16 años, los adolescentes que nacieron muy prematuros presentan menores capacidades de memoria de trabajo visoespacial, pero no de otras capacidades relacionadas con la memoria u otras funciones cognitivas (Saavalainen y cols., 2007).

Así pues, parece que existe un curso de desarrollo en las capacidades de memoria visoespacial en los prematuros según las cuales parecen rendir a la par que sus compañeros nacidos a término antes del año de edad, con resultados todavía contradictorios entre el primer y segundo año de

edad, pero no es hasta que llegan a los dos años cuando las diferencias aparecen y continúan, al menos, hasta la etapa de la adolescencia. Además, vemos que, si aparte de la prematuridad están presentes otros factores, como menor peso o menor edad gestacional, estas diferencias pueden verse acrecentadas.

A pesar de que ya hemos hecho alusión a muchas de las bases neurales de la memoria visoespacial, cabe destacar que una de las principales estructuras que se ha encontrado afectada en los niños prematuros es el hipocampo y que dichas alteraciones se relacionan con el desempeño en la memoria visoespacial. Así, se ha visto que tanto a los 2 años (Beauchamp y cols., 2008), de 6 a 11 años (Aanes y cols., 2019), como ya en la vida adulta (Aanes y cols., 2015), esta población se caracteriza por un menor volumen hipocampal, que además se relaciona con peores resultados en tareas de memoria de trabajo verbal y visoespacial. Más concretamente, parece existir una relación directa entre las puntuaciones obtenidas en memoria de trabajo visoespacial y entre el volumen del giro dentado (Aanes y cols., 2019). También se ha encontrado que el volumen general total de sustancia gris y blanca se relaciona con peores puntuaciones en diferentes medidas de memoria registradas a los 7 años: memoria inmediata, memoria de trabajo, memoria a largo plazo y aprendizaje (Omizzolo y cols., 2014).

Y, ¿qué ocurre con la orientación espacial en los niños prematuros? Hemos podido comprobar que al menos a partir de los 2 años, parece claro que esta población presenta problemas en memoria visoespacial. Además, sabemos que son niños que presentan dificultades en sus habilidades visoespaciales, tales como juicios de orientación de líneas, estimación de distancias, emparejamiento de patrones y completar patrones incompletos (Butcher y cols., 2012), relacionadas todas ellas con el procesamiento y percepción del espacio que nos rodea. Comentábamos además que el hipocampo es una estructura clave que participa en la orientación espacial, que también sabemos que se encuentra afectada en la prematuridad (Aanes y cols., 2015, 2019; Beauchamp y cols., 2008). Todo ello puede hacernos sospechar de un déficit en las habilidades de orientación espacial en los niños prematuros. Sin embargo, en nuestro conocimiento, solo existe un único estudio que examine esta función en la prematuridad (Cimadevilla y cols., 2014), según el cual niños muy prematuros de 7 y 8 años muestran más dificultades de orientación en una tarea virtual que sus compañeros nacidos a término, cometiendo un mayor número de errores, pero siendo capaces de mejorar su ejecución a lo largo de los diferentes ensayos. Cabe destacar además que el rendimiento de los niños prematuros fue superior al de las niñas, mostrando por tanto diferencias de género dentro de la muestra prematura. Por tanto, observamos que la orientación espacial no ha sido una capacidad muy estudiada en la prematuridad, señalando, además, que no existen estudios, en nuestro conocimiento, que comparen directamente el marco de referencia egocéntrico y allocéntrico en esta población.

2. Objetivos e hipótesis

Objetivo 1. Conocer el desarrollo evolutivo de la memoria corto plazo y de trabajo visoespacial en primera infancia en niños nacidos a término y prematuros (12, 15, 18 y 22 meses)

- ⇒ Trazar un curso de desarrollo evolutivo de la memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial, tanto para los niños de desarrollo típico nacidos a término como para los niños prematuros. Nuestra hipótesis es que el rendimiento en memoria visoespacial se irá incrementando progresivamente según la edad, tanto en el grupo control como en el grupo prematuro, de forma que los niños de mayor edad presentarán mejor rendimiento en memoria que los más pequeños.
- ⇒ Comparar la ejecución de los niños nacidos a término y prematuros en sus capacidades de memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo, su nivel de desarrollo generalizado y su estilo de temperamento y conducta mostrada durante la evaluación. Nuestra hipótesis es que los niños prematuros, en comparación con los nacidos a término, presentarán peor rendimiento en dichas funciones cognitivas y tenderán a presentar un estilo temperamental predominantemente difícil y mayor frecuencia de conductas disruptivas durante la valoración.
- ⇒ Comprobar si existe relación entre la memoria visoespacial y el nivel de desarrollo generalizado, la conducta mostrada durante la evaluación y el estilo de temperamento en los niños nacidos a término y prematuros. Hipotetizamos que un mayor nivel de desarrollo, una conducta más proactiva y un temperamento predominantemente fácil se asociarán positivamente con los resultados en memoria visoespacial en ambos grupos.
- ⇒ Analizar si existe relación entre los factores de riesgo perinatales de los niños prematuros y su desempeño en memoria visoespacial y su nivel de desarrollo. Hipotetizamos que la presencia de dichos factores de riesgo se relacionará con un peor rendimiento en las tareas de memoria y de desarrollo cognitivo.

Objetivo 2. Analizar el desarrollo de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en niños a término y prematuros de muy bajo y extremadamente bajo peso al nacer (de 5 a 7 años)

- ⇒ Comprobar si existe avance o desarrollo de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico desde los 5 hasta los 7 años, así como si existen diferencias asociadas al género, tanto para los niños de desarrollo típico nacidos a término como para los niños prematuros de muy bajo peso. Hipotetizamos que, en ambos grupos, los niños de mayor edad obtendrán mejor rendimiento en los marcos egocéntrico y allocéntrico en comparación con los de menor edad. Asimismo, hipotetizamos que habrá diferencias entre niños y niñas en la ejecución de ambos marcos, mostrando los varones mejor ejecución.
- ⇒ Comparar directamente el rendimiento en el marco de referencia egocéntrico con el allocéntrico, tanto en los niños a término como en los prematuros de muy bajo peso. Hipotetizamos que el rendimiento en el marco egocéntrico será superior que en el allocéntrico para ambos grupos.
- ⇒ Comparar el desempeño de los niños nacidos a término y los niños prematuros de muy bajo peso en ambos marcos de referencia, egocéntrico y allocéntrico. Nuestra hipótesis es que los niños prematuros, en comparación con los controles, mostrarán un peor desempeño en ambos marcos.
- ⇒ Analizar el rendimiento neuropsicológico de los niños prematuros de muy bajo peso, poniendo especial énfasis en el funcionamiento de sus habilidades visoespaciales. Nuestra

hipótesis es que los niños prematuros mostrarán un peor nivel de desarrollo visoespacial en comparación con el grupo control.

- ⇒ Conocer si existe asociación entre los factores de riesgo perinatal y el desarrollo cognitivo posterior en prematuros de muy bajo peso. Hipotetizamos que dichos factores se asociarán con un peor rendimiento neuropsicológico en el grupo prematuro.
- ⇒ Analizar si existe relación entre la ejecución en la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica y el desarrollo de otras funciones cognitivas, como las habilidades visoespaciales, así como con la conducta y comportamiento habitual en ambos grupos, controles y prematuros. Hipotetizamos que, en ambos grupos, la tendencia a mostrar ciertas conductas disruptivas, así como un peor rendimiento en habilidades visoespaciales, se relacionará con peor desempeño en orientación egocéntrica y allocéntrica.
- ⇒ Comprobar si existe algún tipo de relación entre los niveles de cortisol salivares y el rendimiento en orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en los niños de desarrollo típico. Nuestra hipótesis es que niveles moderadamente elevados de cortisol salival estarán asociados con un mejor rendimiento en orientación.

Objetivo 3. Analizar el funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica a lo largo del ciclo vital (infancia, juventud y vejez)

- ⇒ Analizar si existen diferencias en el rendimiento en orientación egocéntrica y allocéntrica asociados a los grupos de edad: niños, adultos jóvenes y mayores. Nuestra hipótesis es que, en comparación con los demás grupos, los adultos obtendrán mejor rendimiento en ambos marcos de referencia, mientras que el rendimiento obtenido en el grupo de niños y el grupo de adultos será similar.
- ⇒ Comparar la ejecución de los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico tanto en población joven como en población mayor. Hipotetizamos los adultos mayores obtendrán mejor rendimiento en el marco egocéntrico que en el allocéntrico, pero que en los adultos jóvenes no aparecerán diferencias en la ejecución de ambos marcos.
- ⇒ Comprobar si existen diferencias asociadas al género tanto en los adultos jóvenes como en la población envejecida. Hipotetizamos que, en ambos grupos, el rendimiento de los varones será superior que el de las mujeres.
- ⇒ Comprobar si existe relación en el desempeño en los marcos de referencia egocéntricos y allocéntricos y otras capacidades neuropsicológicas, como la memoria de trabajo, las habilidades visoespaciales y el estado cognitivo general en los adultos jóvenes y los mayores. Nuestra hipótesis es que un mejor rendimiento en dichas funciones neuropsicológicas estará asociado positivamente con la ejecución en los marcos de referencia egocéntrico y allocéntrico.

3. Material y métodos

3.1. Memoria visoespacial en niños prematuros y a término de 12 a 22 meses

3.1.1. Participantes

La muestra se compuso de niños y niñas nacidos a término y nacidos de forma prematura, medidos a las edades de 12, 15, 18 y 22 meses de edad.

La muestra nacida a término estaba compuesta por 65 participantes (32 niños y 33 niñas). Aunque en la recogida de datos inicial la muestra total era de 70 niños, 5 de ellos fueron descartados en los posteriores análisis, debido a la ausencia de colaboración durante la administración de las tareas que provocó que el protocolo de valoración no se pudiera aplicar de forma completa. Las evaluaciones tuvieron lugar en una escuela de Educación Infantil de Oviedo entre octubre de 2017 y mayo de 2019, en un horario de 9:30 a 12:00 h. en el cual los niños acudían normalmente al centro. Se estableció como criterio de inclusión que los niños y niñas participantes hubieran nacido con posterioridad a la semana 37 de gestación, así como tener un desarrollo cognitivo normalizado y ausencia de enfermedades o eventos traumáticos de origen neurológico, como alteraciones del neurodesarrollo, condiciones peri y neonatales con afectación neurológica, epilepsias infantiles, tumores del sistema nervioso, enfermedades neurológicas de tipo infeccioso, enfermedades cerebrovasculares (ictus) o traumatismos craneoencefálicos.

La muestra prematura total la conformaban 15 miembros (8 niños y 7 niñas) que fueron seguidos longitudinalmente a las edades de 12, 15, 18 y 22 meses. Las evaluaciones tuvieron lugar en las Consultas Externas de Pediatría del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA) entre septiembre de 2018 y diciembre de 2019, en un horario de 16 a 20 h. Se incluyeron en el estudio aquellos niños y niñas que hubieran nacido previamente a la semana 37 de gestación y se descartaron los decesos, las pérdidas de seguimiento y aquellos casos con diagnóstico de malformaciones o síndromes congénitos que conllevaran alteraciones neurológicas graves. Partiendo de una muestra inicial de 48 niños que cumplían los criterios de inclusión y exclusión, 28 de las familias no respondieron o declinaron participar. Así iniciaron el estudio 20 niños y sus familias, aunque 5 de ellas no completaron las cuatro medidas de seguimiento. Por tanto, la muestra final de niños prematuros participantes según edad fue de 20 niños de 12 meses, 17 de 15 meses, 15 de 18 meses y 15 de 22 meses. Para la comparación por grupos de edad entre controles y prematuros, se consideraron dichos datos, mientras que, para el análisis del desarrollo evolutivo a través de las diferentes medidas en el grupo prematuro, solo se consideraron los 15 niños que acudieron a todos los seguimientos, completando todas las medidas longitudinales.

3.1.2. Material y métodos

3.1.2.1. Bebé-mnemo

Se trata de una tarea diseñada para la evaluación de diferentes aspectos de la memoria visoespacial en niños menores de 2 años. El aparato consiste en un cajón móvil con un tamaño adecuado para el campo visual del niño (70,5 x 44 cm) (Figura 1), construido de madera. Se diferencian dos zonas para la valoración de la memoria a corto plazo espacial. La primera de ellas está constituida por seis pulsadores de un tamaño adecuado para ser presionados por el niño. La segunda está formada por seis plataformas que el examinador puede hacer ascender de forma vertical accionando las palancas que se encuentran por la parte posterior del aparato y que tienen las dimensiones apropiadas para albergar un pequeño juguete. También en la parte posterior del aparato el examinador tiene acceso a tres elementos: un interruptor de encendido y apagado, que activa el sistema eléctrico del aparato, seis LED, que se iluminan cuando el niño ha accionado el respectivo pulsador, y seis interruptores, que el examinador puede accionar para activar una luz en el pulsador equivalente.

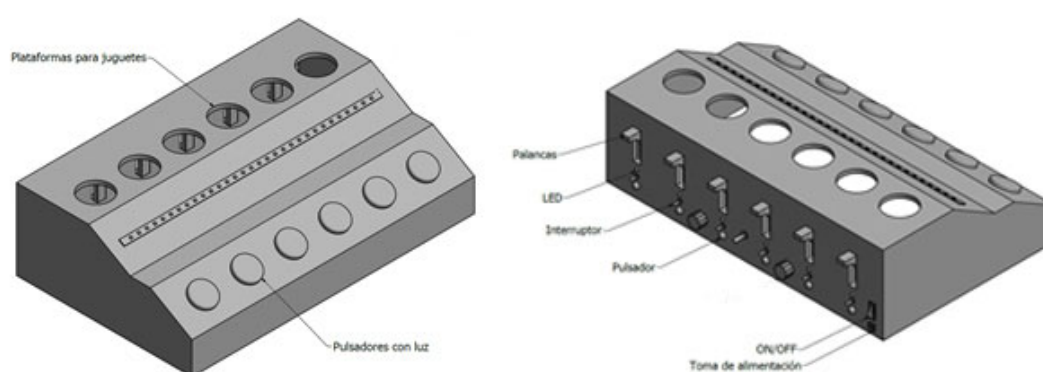


FIGURA 1. VISTA FRONTAL Y TRASERA DEL DISPOSITIVO BEBÉ-MNEMO Y SUS DIFERENTES PARTES

Se emplearon una serie de estímulos, en forma de pequeños juguetes, para llamar la atención del niño y favorecer su motivación (Figura 2), así como una manta que se situaba sobre el dispositivo para cubrirlo parcialmente y así reducir la cantidad de información visual que el niño debía manejar. De esta manera, de los 6 pulsadores disponibles, el niño tenía acceso únicamente a 4 de ellos.



FIGURA 2. ESTÍMULOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA TAREA BEBÉ-MNEMO

3.1.2.1.1. Reconocimiento de objetos

La evaluación comenzaba con una primera fase de reconocimiento de objetos (Anexo 1). Para ello, se seleccionaban al azar cuatro juguetes de los ocho disponibles (Figura 2) y se le mostraban al niño de uno en uno, llamándolos por su nombre y dejando que los explore y juegue con ellos libremente. Una vez había manipulado los juguetes, el examinador cogía dos de ellos y preguntaba al niño: “¿Cuál es el (nombre de uno de los juguetes)?” o “Coge el (nombre de uno de los juguetes)”. Se tomaba como correcta cualquier conducta que indicase una respuesta diferencial, como mirar fijamente, coger, señalar o verbalizar el juguete requerido. A continuación, se colocaban tres juguetes (los dos anteriormente usados más otro adicional) delante del niño y se preguntaba por uno de ellos, concretamente por el que el niño había mostrado una mayor preferencia, y se observaba si el niño emitía alguna respuesta diferencial. Se tomaba como superada esta fase cuando el niño reconocía uno de los tres juguetes cuando se presentaban conjuntamente. Independientemente de que esta fase estuviese superada o no, se continuaba con la siguiente parte de la evaluación. De esta fase, se ha obtenido la medida denominada BM Reconocimiento, en la cual el niño es clasificado en función a si ha superado esta fase o no. Así, recibe una puntuación de 1 (Si Reconoce) cuando el niño ha reconocido diferencialmente un juguete entre un conjunto de tres, y recibe 0 puntos (No Reconoce) cuando el niño no ha superado esta tarea, es decir, no ha reconocido un objeto entre los tres presentados.

3.1.2.1.2. Entrenamiento

En la segunda fase comenzaba a emplearse el aparato, en la cual se efectuaba un entrenamiento con el mismo y el recuerdo de una localización (Anexos 2, 3 y 4 para los Bloques 1, 2 y 3, respectivamente). Así, se mostraba al niño el aparato por primera vez, que hasta el momento había permanecido oculto. El aparato debía encontrarse parcialmente cubierto, dejando a la vista solo cuatro pulsadores con sus cuatro plataformas correspondientes, con el objetivo de reducir la carga del span visoespacial del niño y que ello no interfiriera con el recuerdo de la localización (Figura 3). Además, la elección de concreta de emplear cuatro ubicaciones se apoya en estudios previos realizados tanto en niños más mayores como más pequeños (Garon, Smith, y Bryson, 2014; Pelphrey y cols., 2004).



FIGURA 3. VISTA FRONTAL DEL DISPOSITIVO BEBÉ-MNEMO CON CUATRO PULSADORES Y PLATAFORMAS DESCUBIERTAS

Así, se comienza situando al niño, acompañado de su educadora, madre, padre u otro ayudante frente a los pulsadores, mientras que el examinador se colocaba en dirección contraria, por la parte trasera del aparato. Si el niño no iniciaba espontáneamente la conducta, el examinador enseñaba al niño el manejo del aparato tocando al azar uno de los pulsadores y accionando a su vez el interruptor que lo ilumina. Así, el niño podía observar que cuando presionaba uno de los pulsadores, una luz se encendía. Posteriormente, se dejaba que el niño tocara el pulsador, accionando el examinador la luz correspondiente, y se le animaba a accionar el resto de los pulsadores, iluminándose cada uno respectivamente cuando los tocaba.

A continuación, se procedía con el Entrenamiento de la Localización Espacial. Para ello, el examinador cogía el juguete que había sido reconocido entre los tres posibles – o si no había sido reconocido, aquel por el cual el niño mostraba más preferencia – y lo acercaba al niño, moviéndolo delante de él, para procurar llamar su atención. Asegurándose de que el niño siguiese visualmente el juguete, el examinador subía una de las palancas, aquella correspondiente al pulsador por el cual el niño había mostrado más preferencia, colocaba el juguete sobre la misma y la bajaba lentamente. Posteriormente, el examinador procedía a realizar un ejemplo al niño, esto es, realizaba la secuencia de presionar el pulsador respectivo, accionar la luz equivalente y ascender de nuevo el juguete. Repetía esta acción tres veces seguidas, asegurándose de que el niño estuviese mirando. Seguidamente, preguntaba al niño: “¿Dónde está el (nombre del juguete)?” o “Vamos a llamar a (nombre del juguete)” mientras se señalaba el pulsador correcto, pero sin accionarlo. Se tomaba como respuesta correcta que el niño presionase el pulsador adecuado, tras lo cual el examinador encendía la luz, hacía subir el juguete y felicitaba al niño. Si el niño daba una respuesta incorrecta, es decir, tocaba otro pulsador, se le decía “Aquí no está el (nombre del juguete). ¿Dónde está el (nombre del juguete)? Prueba aquí”, señalando de nuevo y dándole la oportunidad de responder una segunda vez. Si el niño volvía a equivocarse, no respondía o emitía una respuesta que no tenía que ver con el manejo del aparato, el examinador realizaba otros tres ejemplos más, es decir, repetía la secuencia anteriormente descrita 3 veces seguidas, y preguntaba de nuevo. Así pues, en este primer bloque de entrenamiento, el niño podía recibir hasta 6 ensayos de ejemplo ejecutados por el examinador. El objetivo de esta primera fase de entrenamiento es que el niño comprendiese el funcionamiento del dispositivo y que le fuera posible realizar las siguientes fases, de un nivel de complejidad superior. Para dar esta etapa por superada, se requería que tocara dos veces consecutivas el pulsador correcto después de alguno de los dos bloques de tres ejemplos realizados por el examinador. De ser así, se continuaba con la fase de Recuerdo de la Localización, pero en caso contrario, se considera esta fase como no superada. En este último caso, se procedía a continuar con la fase de entrenamiento en un segundo bloque, que sigue exactamente el mismo procedimiento: tres ejemplos por parte del examinador en la localización preferida por el niño, otros tres más en caso de respuesta errónea o de no respuesta, y así hasta llegar a un total de seis ejemplos. Si en este caso la fase era superada (el niño realiza dos ensayos consecutivos correctos), se continuaba, como en el caso anterior, con el Recuerdo de Localización. En caso de no ser superada, el examinador iniciaba un tercer y último bloque. Si finalmente el niño no conseguía superar esta fase en ninguno de los intentos, la evaluación finalizaba, entendiendo que al no conseguir un manejo mínimamente independiente del aparato no iba a ser capaz de ejecutar el resto de las fases. En esta fase de entrenamiento el niño no recibe puntuación alguna, ya que estos ítems iniciales se emplean como práctica para el manejo posterior del dispositivo.

3.1.2.1.3. *Recuerdo de Localización Espacial*

Una vez el niño hubiera realizado correctamente dos ejemplos consecutivos correctos en cualquiera de los bloques de Entrenamiento, el examinador volvía a preguntar por el juguete en cuatro ocasiones más, en esta ocasión sin señalar el pulsador correcto, recibiendo el niño un punto por cada respuesta correcta emitida y cero puntos en caso de no respuesta o de respuesta errónea. En caso de que el niño obtuviera al menos dos puntos de los cuatro posibles, se avanza a la siguiente fase. Si recibía uno o cero puntos, el examinador pasa al siguiente bloque y vuelve a comenzar la aplicación del Entrenamiento. Es decir, podía repetir en dos ocasiones más todo el procedimiento, y así, existen tres oportunidades en total que el niño realice correctamente el recuerdo de la localización. Si el niño era capaz de aprender en cualquiera de los bloques, se avanzaba a la fase de Demora. Si no lo conseguía, se detenía la ejecución de la tarea, entendiendo que no sería capaz de realizar las sucesivas fases, que son cognitivamente más complejas.

De esta fase del Bebé-mnemo, se obtiene dos medidas distintas. Por un lado, una medida cuantitativa, BM Localización Total, en la cual el niño recibe un punto por cada respuesta ejecutada correctamente. Esta puntuación varía en un rango de 0 a 12, siendo 0 que el niño no ha emitido ninguna respuesta correcta y 12 que ha logrado dar las cuatro respuestas adecuadas en el primer bloque, tras lo que se asume que daría también las cuatro respuestas correctas en el segundo y tercer bloque. La no aplicación de los sucesivos bloques para verificar que efectivamente la ejecución del niño se mantiene estable a lo largo de todos los ensayos de Recuerdo de Localización responde a evitar alargar la tarea más de lo necesario, para evitar fatiga, frustración y falta de motivación. La segunda medida, BM Localización Bloque, de carácter cualitativo, nos indica en qué bloque (primero, segundo, tercero) ha superado el niño el criterio de aprendizaje (dos ensayos correctos que realiza de manera independiente). En esta medida, los niños son clasificados en No aprende (0), Aprende en el tercer bloque (1), Aprende en el segundo bloque (2), y Aprende en el primer bloque (3).

3.1.2.1.4. *Demora*

Cuando el niño recibía al menos dos puntos en el recuerdo de la localización, se avanzaba a la fase de Demora (Anexo 5). En ella, se mantenían el mismo juguete y localización en el aparato, pero se introducía una demora creciente en la cual al niño no se le permitía ejecutar la respuesta, cubriendo la totalidad del dispositivo con una tela (80 x 140 cm). Se comenzaba por dos segundos de demora (2") y se iba incrementando en intervalos de dos segundos a cada nuevo ensayo (4", 6", 8", etc.). Así, inicialmente, se cubría el dispositivo con la tela durante dos segundos, posteriormente se destapaba y se preguntaba al niño por la localización del juguete: "¿Dónde está el (nombre del juguete)?" o "Vamos a llamar a (nombre del juguete)". Por cada periodo de dos segundos que el niño tolerase la demora, es decir, que fuera capaz de dar la respuesta correcta de presionar el pulsador adecuado tras ese intervalo de tiempo, el niño recibía un punto y en el siguiente ensayo, se sumaban dos segundos más al tiempo total. En caso de que el niño diera una respuesta equivocada o no respondiese, se le daba cero puntos y el examinador realizaba otro ensayo con el mismo intervalo de tiempo en el que el niño había fallado. Cuando el niño acumulaba dos ceros con el mismo tiempo de demora o cuando alcanzaba un tiempo de 30", se daba por finalizada esta fase y se pasaba a la fase de Actualización, que se aplicaba independientemente del rendimiento alcanzado en la fase de Demora. De esta fase, obtenemos dos medidas. En primer lugar, BM Demora Segundos, que como su propio nombre indica, recoge la cantidad de tiempo

medida en segundos que el niño ha sido capaz de continuar emitiendo la respuesta correcta. Así, esta medida variaba entre 0, indicando que la demora tolerada por el niño ha sido nula, y 30, que es el tiempo máximo que se estableció para esta tarea. En segundo lugar, BM Tolerancia Demora, una variable cualitativa según la cual se clasificaba a los niños en aquellos que sí toleraban demora, en cualquier cantidad de segundos, y aquellos que no toleraban.

3.1.2.1.5. *Actualización*

La fase de Actualización (Anexo 6) consiste en presentar el juguete en las tres plataformas no usadas hasta el momento. Así, el examinador recoge el juguete de su anterior plataforma, y con el juguete a la vista y contando con el seguimiento visual del niño, sitúa el juguete en otra plataforma diferente, que es elegida al azar. A continuación, baja la plataforma y pregunta al niño por el juguete (“¿Dónde está (nombre del juguete)?” o “Llama al (nombre del juguete)”). Se toma como respuesta correcta que el niño accione el pulsador correspondiente a la nueva localización, recibiendo en este caso un punto en el primer intento, tras lo cual el juguete vuelve a ser cambiado de plataforma siguiendo el procedimiento anteriormente descrito hasta haber pasado por las tres plataformas disponibles y no anteriormente aprendidas.

Si, en cambio, el niño emitía una respuesta incorrecta (toca el pulsador anteriormente memorizado, toca otro pulsador diferente al anteriormente correcto y a la nueva localización o no ofrece respuesta), recibía cero puntos y el examinador realizaba un ensayo de ejemplo correcto. Es decir, en esta nueva localización, el examinador vuelve a realizar la combinación pulsador-luz-juguete que se había empleado para el aprendizaje inicial del dispositivo, tras lo cual pregunta de nuevo al niño dónde está el juguete. Si el niño responde ahora correctamente, recibe un punto en el segundo intento y el juguete se cambia a otra plataforma, siguiendo el procedimiento anteriormente descrito. En caso de respuesta incorrecta en esta ocasión, el examinador realiza dos ejemplos más y pregunta de nuevo. Si emite entonces una respuesta correcta, recibe un punto en el tercer intento, y en caso contrario, no recibe ningún punto para esa localización. Independientemente de la ejecución en este tercer intento, correcto o incorrecto, el juguete se desplazaba hacia otra de las plataformas disponibles y no utilizadas anteriormente. Así, la tarea finaliza cuando el examinador haya presentado el juguete en cada una de las plataformas no empleadas en las fases de Recuerdo de Localización y Demora, independientemente de la ejecución del niño.

Para esta tarea, se obtuvieron tres medidas de ejecución. Por un lado, la medida BM Actualización Total, que recoge los puntos obtenidos por el niño durante esta fase en un rango comprendido entre 0 y 9. Si en el primer intento el niño es capaz de aprender la ubicación, se asume que va a continuar recordándola en el segundo intento y el tercer intento, y por tanto, recibe tres puntos por el aprendizaje de esa localización. En el caso de que el niño aprenda en el segundo intento, se da por hecho que ese aprendizaje se mantendría en el tercer intento, sumando en este caso dos puntos. Así pues, 0 indica que el niño no emitió ninguna respuesta correcta y 9, que el niño consiguió aprender las tres localizaciones en el primer intento. Por otro lado, la medida BM Actualización Bloque, de carácter cualitativo, nos permite clasificar a los niños según el intento más avanzado en que hayan conseguido ejecutar alguna respuesta correcta. Así, los niños son divididos en No actualiza (0), Actualiza en el tercer intento (1), Actualiza en el segundo intento (2) y Actualiza en el primer intento (3). En este caso, actualizar en el primer intento indica un mayor grado de independencia para la resolución de la tarea, mientras que actualizar en los intentos 2 y 3 indica que ha necesitado mayor o menor grado de ayuda para conseguir finalmente emitir la

respuesta adecuada. En último lugar, con el objetivo de verificar una posible tendencia a perseverar en esta fase, se ha introducido también la medida BM Actualización Primer Bloque, donde los niños han sido clasificados de acuerdo a si conseguían actualizar en el primer ensayo del primer bloque o no, es decir, si tras finalizar la fase de Demora y proceder por primera vez a cambiar la posición del juguete, eran capaces de, autónomamente, presionar el nuevo pulsador correcto, o por el contrario, emitían otro tipo de respuesta o necesitaban más ensayos de ejemplo para realizarlo correctamente.

3.1.2.2. Hide and Seek (HS) (Garon y cols., 2014)

Se trata de una tarea basada en la propuesta por Garon y colaboradores (2014) para la evaluación de la memoria de trabajo visoespacial para niños de entre 1,5 y 5 años. Para ello, se emplean dos cajas grandes con tapa (24 x 34 x 11 cm la caja más grande, y 22 x 26 x 11 la caja mediana) que contienen cajas más pequeñas, también con tapa, en su interior (cada una, 11 x 11 x 10 cm) (Figura 4).



FIGURA 4. MATERIAL EMPLEADO PARA HIDE AND SEEK

Una de las cajas grandes contiene una única caja pequeña en su interior, situada de manera central, mientras que la otra de las cajas grandes contiene cuatro cajas pequeñas, situadas de manera equidistante entre sí. Igualmente, se emplean los estímulos mencionados en el apartado anterior (Figura 2). Se comienza por una fase de entrenamiento (Anexo 7), en la cual se muestra al niño una caja de cartón que contiene otra caja más pequeña en su interior, en la que se esconde uno de los juguetes presentados previamente en la fase de Reconocimiento de Objetos de Bebémemo (Figura 5).



FIGURA 5. FASE DE ENTRENAMIENTO DE HIDE AND SEEK

Tras soportar un breve periodo de demora (4 segundos para niños de 12 meses, 6 segundos para niños de 15 meses y 10 segundos para niños de 18 y 22 meses) en el que el estímulo permanece oculto a la vista, el niño debe encontrarlo. Tras realizar este procedimiento en dos ocasiones, se pasa a la segunda caja, que contiene cuatro cajas más pequeñas, y da comienzo la fase de prueba (Anexo 7). De nuevo, se esconde el juguete en una de ellas y se le pide al niño que lo encuentre los periodos de demora anteriormente comentados. Este procedimiento se realiza en cuatro ocasiones, de manera que el juguete sea escondido en cada una de las pequeñas cajas (Figura 6). Esta tarea nos permite obtener una puntuación de HS Retención (puntuación obtenida en los dos primeros ensayos) y de HS Actualización (puntuación obtenida en los dos últimos ensayos), variando cada una de ellas entre los 0 (ninguna respuesta correcta) y 8 puntos (todas las respuestas correctas). Se obtienen también una medida de puntuación total de HS Errores (0 a 16 puntos) y de HS Aciertos (0 a 16 puntos).

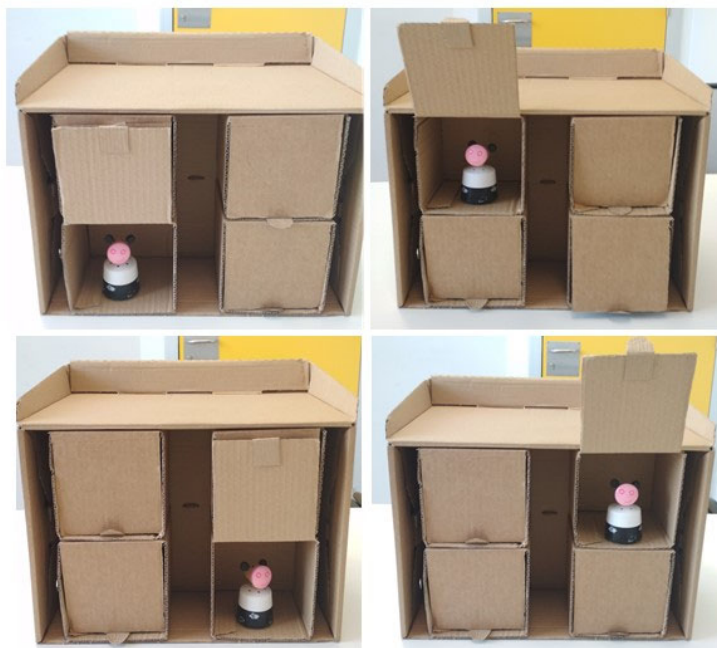


FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DE LA FASE DE PRUEBA DE HIDE AND SEEK

3.1.2.3. Merrill-Palmer Revisada (MP-R) (Roid y Sampers, 2011)

Se trata de una escala de desarrollo infantil temprano que permite obtener información sobre la cognición, motricidad gruesa y otros aspectos evolutivos y comportamentales desde el primer mes de edad hasta los 6,5 años. Esta escala se compone de materiales manipulativos apropiados al nivel de desarrollo del niño, así como diferentes escalas que son principalmente cumplimentadas por los progenitores. Algunos ejemplos son mostrados en la Figura 7. Se trata de una escala baremada y adaptada a población española, ofreciendo diferentes tipos de puntuaciones evolutivas.



FIGURA 7. EJEMPLOS DE MATERIALES EMPLEADOS EN LA BATERÍA COGNITIVA MP-R

3.1.2.3.1. Escala cognitiva

Para el presente estudio, se emplearon las escalas pertenecientes a la batería cognitiva: la escala Cognición (MP-R C), basada en la inteligencia fluida y cristalizada; la escala Motricidad Fina (MP-R MF), relacionada con la coordinación de procesos cognitivos y sensoriales con los movimientos de las manos y los dedos; la escala Lenguaje receptivo (MP-R LR), relacionada con las habilidades para la percepción y comprensión del lenguaje oral, escrito y/o pictórico, y la escala de Coordinación Visomotora (MP-R CV), basada en la capacidad del niño para guiar los movimientos corporales en función a la información sensorial disponible. Todas estas escalas permiten la obtención de un Índice global (MP-R IG), como medida que engloba los diferentes aspectos del desarrollo infantil anteriormente comentados. Otras dos escalas más son proporcionadas por la batería, pero se encuentran sin baremar para los grupos de edad seleccionados en el presente trabajo: la escala de Memoria, relacionada con el procesamiento y almacenaje de información a corto y largo plazo, y la escala de Velocidad de procesamiento, basada en el tiempo para reaccionar o la velocidad para responder ante tareas que implican procesos cognitivos. Dado que estas escalas comienzan a puntuar a mitad del nivel 1, muchos de los niños, especialmente los de menor edad, no llegan a alcanzar siquiera los ítems que saturan estas escalas, y por este motivo, no han sido consideradas en esta investigación. Tras el cálculo de la edad cronológica, siendo esta ajustada en el caso de los niños que nacieron con una prematuridad igual o mayor a las 3 semanas, se comienza la batería cognitiva por el nivel apropiado de acuerdo a la edad de desarrollo del niño y siguiendo por los sucesivos ítems hasta alcanzar la línea base del niño (al menos 10 aciertos totales) cumplir la regla de terminación marcada por la batería (doce errores no consecutivos). Tras realizar la suma de puntuaciones totales y de puntuaciones de cada escala, las puntuaciones directas se

transformaron en percentiles y puntuaciones T. Para el presente trabajo se han considerado las puntuaciones directas y puntuaciones T de cada una de las escalas y subescalas mencionadas.

3.1.2.3.2. *Escalas no evolutivas*

Por otra parte, también se emplearon dos escalas no evolutivas. Estas fueron Comportamiento durante la evaluación y Estilo de Temperamento, compuestas por una serie de ítems en escala tipo Likert (Nunca o casi nunca, A veces, Frecuentemente, Muy frecuentemente o Siempre) a completar por el evaluador en el primer caso y por los progenitores en el segundo. La escala de Comportamiento durante la evaluación mide las características de comportamiento que manifiesta el niño durante la valoración y resulta especialmente útil para interpretar los resultados de la sesión de evaluación, ya que existen muchas reacciones emocionales y conductuales que pueden afectar a la validez de los resultados. Este cuestionario es cumplimentado por el examinador al terminar la evaluación, recoge diferentes tipos de conducta que el niño puede haber exhibido durante la evaluación y se compone de los siguientes índices: para los niños de 12 y 15 meses, Irritabilidad, Atención, y Temerosidad y cautela (MP-R C Irritado, MP-R C Atento y MP-R C Temeroso, respectivamente); y para los niños de 18 y 22 meses, Organización y cooperación, Actividad y diligencia, y Enfado y poca colaboración (MP-R C Organizado, MP-R C Activo y MP-R C Enfadado, respectivamente). La escala de Estilo de Temperamento permite recoger información sobre el comportamiento y las reacciones emocionales del niño en diferentes contextos, permitiendo completar la información obtenida mediante el cuestionario anterior. En este caso, es cumplimentado por los progenitores y nos permite obtener puntuaciones de temperamento Fácil y Difícil para los niños de 12 y 15 meses y Fácil, Difícil y Temeroso para los niños de 18 y 22 meses (MP-R T Fácil, MP-R T Temeroso y MP-R T Difícil). Para ambas escalas, tras el cálculo de las puntuaciones directas, estas fueron transformadas en percentiles y puntuaciones T. De nuevo, para el presente estudio hemos considerado tanto las puntuaciones directas como las puntuaciones T de las diferentes medidas de conducta y temperamento.

3.1.2.4. *Recogida de factores de riesgo perinatal*

A través de la consulta en las historias clínicas de los niños participantes, se han recogido una serie de variables, que podemos dividir en dos grandes grupos: aquellas empleadas para describir y caracterizar la muestra y aquellas empleadas como medida de riesgo perinatal.

En primer lugar, para describir la muestra se tuvieron en cuenta el percentil del recién nacido, así como el test de APGAR al primer minuto y a los cinco minutos.

En las medidas de riesgo perinatal, se han podido diferenciar así mismo distintas categorías, relacionadas con los factores de influencia prenatales y perinatales, con tratamientos o intervenciones, enfermedades o patologías y con alteraciones neurológicas en el periodo neonatal. Estas se muestran en la Tabla 2 acompañadas de una descripción de las mismas de acuerdo a los Protocolos de Neonatología de la Asociación Española de Pediatría y la Sociedad Española de Neonatología (Asociación Española de Pediatría y Sociedad Española de Neonatología, 2008).

TABLA 2. FACTORES DE RIESGO PERINATAL EN POBLACIÓN PREMATURA

Factores de influencia pre y perinatal	Parto múltiple	Gestación en la que se desarrollan dos o más fetos.
	Fecundación in vitro	Técnica de reproducción asistida en la que se une un óvulo con un espermatozoide en el laboratorio-in vitro para formar un embrión.
	Corticoides	Sustancias de estructura similar a las hormonas producidas por las glándulas suprarrenales, especialmente el cortisol. Suelen ser administradas a las madres de manera prenatal cuando existe riesgo de parto prematuro y para tratar de mejorar la salud del feto.
	Antibióticos	Medicamento destinado a combatir las infecciones bacterianas, en ese caso, durante el periodo de gestación.
	Corioamnionitis (Franklin y Espitia-De La Hoz, 2008)	Infección del líquido amniótico y las membranas que lo contienen, que puede ir además acompañada de una ruptura temprana de membranas o del saco amniótico completo.
	Hipertensión arterial	Trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una tensión persistentemente alta, concretamente, una presión arterial sistólica mayor o igual a 140 mmHg, o como una presión arterial diastólica mayor o igual a 90 mmHg.
	Parto vaginal / cesárea (Schnapp, Sepúlveda, y Robert, 2014)	El parto vaginal es aquel que transcurre de manera natural a través del canal genital materno. El parto por cesárea supone una intervención quirúrgica que consiste en la extracción del feto por vía abdominal a través de una incisión en el útero, que suele realizarse ante la presencia de complicaciones maternas o del feto.
Tratamientos o intervenciones neonatales	Intubación orotraqueal	Colocación de una sonda en la tráquea a través de la boca o la nariz.
	Presión positiva continua de las vías respiratorias	Sistema de soporte ventilatorio no invasivo mediante un flujo de gas que no requiere de una frecuencia de ciclado.
	Tensioactivos o surfactantes (Soll, 1998)	Sustancia que impide el colapso de las bolsas de aire pulmonares al reducir la tensión superficial. Es efectivo para mejorar el síndrome de dificultad respiratoria en los recién nacidos prematuros.
	Inotrópicos (Osborn, Paradisis, y Evans, 2007)	Fármacos que aumentan la presión arterial. Se emplean frecuentemente en recién nacidos prematuros con reducción del flujo sanguíneo sistémico u orgánico.
	Cirugía	Intervenciones quirúrgicas relacionadas con la derivación ventrículo-peritoneal para hidrocefalia y colostomía e ileostomía relacionadas con la enterocolitis necrotizante.

Enfermedades o patologías neonatales	Enterocolitis necrosante o necrotizante	Patología digestiva que cursa con necrosis del intestino, con o sin perforación
	Enfermedad de la membrana hialina o síndrome de dificultad respiratoria	Problemas en la capacidad respiratoria del recién nacido debido a una inmadurez pulmonar, esto es, alteraciones de la función mecánica del pulmón y cianosis secundaria por anomalías del intercambio gaseoso
	Ductus arterioso persistente	Retraso en el cierre ductal, una estructura vascular que conecta la aorta descendente proximal con la arteria pulmonar principal.
	Apnea	Episodio de ausencia de flujo respiratorio de duración superior a 20 segundos, así como los episodios de ausencia de flujo en la vía aérea de menor duración que se acompañan de repercusión cardiocirculatoria (bradicardia y/o hipoxemia).
	Anemia transfundida	Reducción de la masa de glóbulos rojos, de la concentración de hemoglobina o del hematocrito.
	Sepsis temprana o tardía	Proliferación de bacterias, hongos o virus en el torrente sanguíneo del recién nacido. La sepsis temprana o de transmisión vertical (3-5 días tras el nacimiento) son causadas por el paso del bebé por el canal genital materno, mientras que la sepsis tardía o de transmisión nosocomial (1 semana tras el nacimiento) la infección se produce durante la estancia en los servicios de Cuidados Intensivos Neonatales
Alteraciones neurológicas neonatales	Hemorragia intra-periventricular	Sangrado localizado dentro de los ventrículos cerebrales. Se distinguen los siguientes grados: (1) hemorragia únicamente dentro de la matriz germinal subependimaria, (2) la sangre ocupa al menos el 50% del área ventricular en una proyección parasagital, (3) la sangre ocupa más del 50%, con distensión del ventrículo y (4) la sangre ocupa notablemente los ventrículos laterales y en general, todo el sistema ventricular: tercer y cuarto ventrículo, así como espacio subaracnoideo.
	Leucomalacia periventricular	Necrosis de la sustancia blanca periventricular, dorsal y lateral a los ángulos externos de los ventrículos laterales.

3.1.3. Procedimiento

Los padres fueron informados del propósito y procedimiento del estudio a través de una reunión en el caso de los nacidos a término y a través de cartas y llamadas telefónicas en el caso de los pretérmino (Anexos 8 y 9 para los controles y prematuros, respectivamente). Tras la recepción del consentimiento informado firmado por los progenitores (Anexo 10), se llevaba a cabo la evaluación

neuropsicológica, que transcurría en una única sesión con una duración aproximada de una hora. Se comenzaba con la aplicación de la parte de Reconocimiento de Objetos de la tarea Bebé-mnemo, a continuación, la tarea Hide and Seek, se continuaba con el resto de las fases de Bebé-mnemo y se finalizaba con la escala MP-R. Al terminar la sesión, la evaluadora cumplimentaba la escala de Comportamiento durante la Evaluación. Con posterioridad, los progenitores cumplimentaban un formulario de recogida de variables sociodemográficas (Anexo 11), así como la escala no evolutiva de Estilo de Temperamento.

3.2. Orientación espacial en niños prematuros y a término de 5 a 7 años

3.2.1. Participantes

La muestra prematura estaba compuesta por 88 participantes (49 varones y 39 mujeres) de 5 a 7 años de edad. Las evaluaciones tuvieron lugar en las Consultas Externas de Pediatría del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA) entre febrero de 2016 y mayo de 2017 en un horario de 16 a 19 h. Se incluyeron en el estudio aquellos niños y niñas que hubieran nacido previamente a la semana 37 de gestación con un peso inferior a los 1500 gramos. De los 147 casos supervivientes que fueron contactados, 88 niños y niñas completaron la valoración neuropsicológica, con edades gestacionales comprendidas entre 24,5 semanas y 36,5 semanas, con un peso en el nacimiento entre 690 y 1498 gramos. Se excluyeron aquellos casos en los que existía alteraciones neurológicas mayores (parálisis cerebral, alteración grave del desarrollo, ceguera, sordera y/o epilepsia) que pudieran interferir en el seguimiento de las instrucciones y los resultados de las tareas. Por otra parte, se incluyeron aquellos casos que recibieron algún tipo de diagnóstico temprano en neonatología, así como aquellos que a lo largo de su evolución neurológica fueron diagnosticados de alguna alteración del neurodesarrollo.

La muestra control estaba formada por 62 participantes, 32 niños y 30 niñas de 5, 6 y 7 años de edad nacidos a término (21, 21 y 20 participantes por cada grupo de edad, respectivamente). Se excluyeron aquellos casos con CI inferior a 85 (medido a través de la escala RIST), que no tuvieran un desarrollo cognitivo normalizado y/o que hubieran sufrido alguna enfermedad o evento traumático de origen neurológico: alteraciones del neurodesarrollo, trastornos psicológicos, condiciones peri y neonatales con afectación neurológica, epilepsias infantiles, tumores del sistema nervioso, enfermedades neurológicas de tipo infeccioso, enfermedades cerebrovasculares (ictus) o traumatismos craneoencefálicos. Las evaluaciones fueron realizadas en la Facultad de Psicología de Oviedo y colegios de educación primaria de Oviedo entre octubre de 2018 y julio de 2019.

3.2.2. Material y métodos

3.2.2.1. RIST (Reynolds y Kamphaus, 2003)

Se trata de una prueba de screening adaptada a población española para la estimación del nivel de inteligencia general entre los 3 y los 94 años, con un tiempo de aplicación de entre 10 y 15 minutos. Para la aplicación de este test se emplean dos subtareas. Por un lado, una prueba de razonamiento verbal (Adivinanzas), que mide el conocimiento de información general, el nivel de vocabulario y la comprensión de conceptos mediante la resolución de unas adivinanzas y preguntas de cultura general. Se relaciona con la inteligencia cristalizada, que es el conjunto de todas las habilidades intelectuales que podemos adquirir, de forma que cuantas más experiencias

educativas tengamos, mayor será este tipo de inteligencia. En segundo lugar, emplea una prueba de razonamiento no verbal (Categorías), que trata sobre las aptitudes espaciales, la representación visual y el pensamiento abstracto. Para esta tarea, el participante tiene que escoger el dibujo diferente de un conjunto de dibujos. Mide la inteligencia fluida, que supone la capacidad para enfrentarnos y resolver con éxito situaciones novedosas sin que haya habido experiencia previa, es decir, se relaciona con la adaptación a nuevos ambientes y con la resolución de problemas. Ambas tareas se comienzan a aplicar con un ejemplo demostrativo, seguidos de los ítems correspondientes al nivel adecuado a la edad del participante. La tarea termina bien al finalizar todos los ítems o bien al cumplir el criterio de parada (tres errores consecutivos) establecidos por la prueba. La suma de la puntuación T de ambas tareas permite calcular el Índice RIST, que se interpreta de la misma forma que una puntuación CI (media 100 y desviación típica 15).

3.2.2.2. NEPSY-II (Korkman, Kirk, y Kemp, 2007)

Se trata de una batería neuropsicológica de aplicación individual para la evaluación de niños y adolescentes de 3 a 16 años. Se divide en 36 tareas, que a su vez componen 6 dominios. De todas las tareas, hemos empleado 2 de ellas para la evaluación de las habilidades visoespaciales en ambos grupos, controles y prematuros: la tarea *Puzles geométricos*, que se empleó para medir las habilidades de rotación mental, y la tarea *Descubrimiento de rutas*, que se empleó para evaluar habilidades relacionadas con la direccionalidad y el establecimiento de relaciones espaciales.

En la tarea *Puzles geométricos*, le mostramos al niño una serie de páginas con varias figuras geométricas. Parte de esas figuras se encuentran en el interior de una caja o cuadrado, mientras que las demás se encuentran a los alrededores de dicha caja. En este caso, le pedimos al niño que empareje dos de las figuras de fuera del cuadrado con dos de las de dentro, es decir, que seleccione las figuras que son iguales a pesar de que estas puedan estar giradas o rotadas en su posición. En una segunda parte de esta tarea, se le pide al niño realizar esta misma actividad, pero en esta ocasión se requiere que no señale aquellas figuras que hayan sido completamente rotadas (180°). El niño recibe un punto por cada respuesta correcta dada en un tiempo máximo de 45 segundos por ítem. El test se compone de 12 ítems para los niños de 5 y 6 años y de 20 para los niños de 7. Así, la puntuación para niños de 5 y 6 años va de 0 a 24 y para niños de 7, de 0 a 40. Las puntuaciones baremadas ofrecidas para esta tarea son percentiles para los niños de 5-6 años y escalares (media 10, desviación típica 3) para los niños de 7 años.

En la tarea *Descubrimiento de rutas*, se le muestra al niño un mapa esquemático de un camino que permite llegar a una casa, tras lo que se le pide que localice esa misma casa, pero en un mapa más grande, con más caminos y más casas disponibles. Además, se le da la instrucción de que, si bien puede seguir el camino esquemático con el dedo, la transferencia al mapa más complejo debe ejecutarse mentalmente. Este test está compuesto por 10 ítems, donde el niño recibe 1 punto por cada casa señalada correctamente. Así, la puntuación directa de este test varía entre 0 y 10. Por su parte, las puntuaciones baremadas que ofrece la batería son percentiles.

3.2.2.3. Test de Memoria Espacial Egocéntrica – Versión infantil

Se trata de una adaptación del test de Hashimoto y colaboradores (2010) para la medición de una respuesta puramente egocéntrica en población infantil. Consiste en una plantilla cuadrada (90 x 90 cm.) situada en el suelo y dividida en una matriz de nueve cuadrados pequeños (3x3, de 30x30 cm. cada uno). Se emplean además cuatro paneles o cortinas opacas (160 x 110 cm.) que rodean

a la plantilla del suelo y se sitúan con forma de cuadrado, con el objetivo de evitar cualquier información visual disponible en la sala que pueda interferir con la respuesta egocéntrica. El niño debe permanecer de pie colocado en el cuadrado central de la matriz y dos tarjetas (15 x 15 cm.) son empleadas a modo de estímulos (dibujo de un sol y de un coche) (Figura 8).

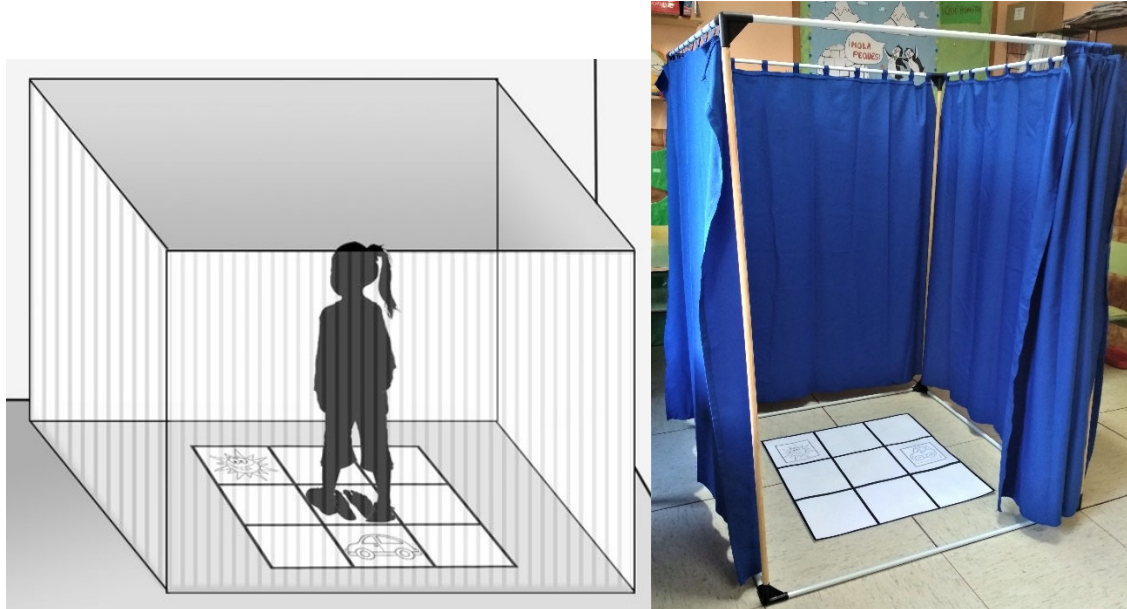


FIGURA 8. TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICO – VERSIÓN INFANTIL

La prueba examina la capacidad para representar ubicaciones espaciales de los objetos colocados en el suelo rodeando al niño y consta de dos partes: parte A y parte B. Mientras el niño se encuentra de pie, situado en el cuadrado central de la plantilla, se le pide que recuerde la ubicación de dos cartas con diferentes dibujos (coche y sol) colocadas cada una aleatoriamente en uno de los ocho cuadrados que le rodean. Tras una exposición de 10 segundos, el examinador retira todas las tarjetas, las entrega al niño, y le ordena colocarlas nuevamente en su posición original. En la parte B, el niño tiene que recordar las ubicaciones de las mismas dos tarjetas empleadas en la parte A. Sin embargo, inmediatamente después de que las dos cartas hayan sido retiradas, se rota al niño sobre sí mismo hacia la derecha o hacia la izquierda, 90 o 180 ° como se determina en la prueba, tras lo que se le pide colocar las dos cartas a los mismos lugares que antes. En cada una de las partes, A y B, el niño se somete a 5 ensayos consecutivos, obteniendo 1 punto cada vez que coloca una tarjeta en su posición correcta y pudiendo llegar así a un máximo de 10 puntos en cada parte (Anexo 12). Posteriormente, a la hora de proceder con los análisis estadísticos y comparar el rendimiento egocéntrico y allocéntrico, las puntuaciones directas de la parte B fueron transformadas para ser equivalentes a las obtenidas en el test Allocéntrico, multiplicándose por una constante de 2,4.

3.2.2.4. Test de Memoria Espacial Allocéntrica – Versión infantil

Para este test se emplea una plantilla circular (65 cm. de diámetro), situada en el suelo. A lo largo del perímetro de la plantilla se sitúan ocho cuadrados (18x18 cm.), que pueden ser empleados como posibles localizaciones. Dos tarjetas (15 x 15 cm.) son empleadas a modo de estímulos (dibujo de un sol y de un coche). Toda la tarea se lleva a cabo en una sala rectangular donde los objetos y muebles permanecen a la vista del niño (Figura 9).

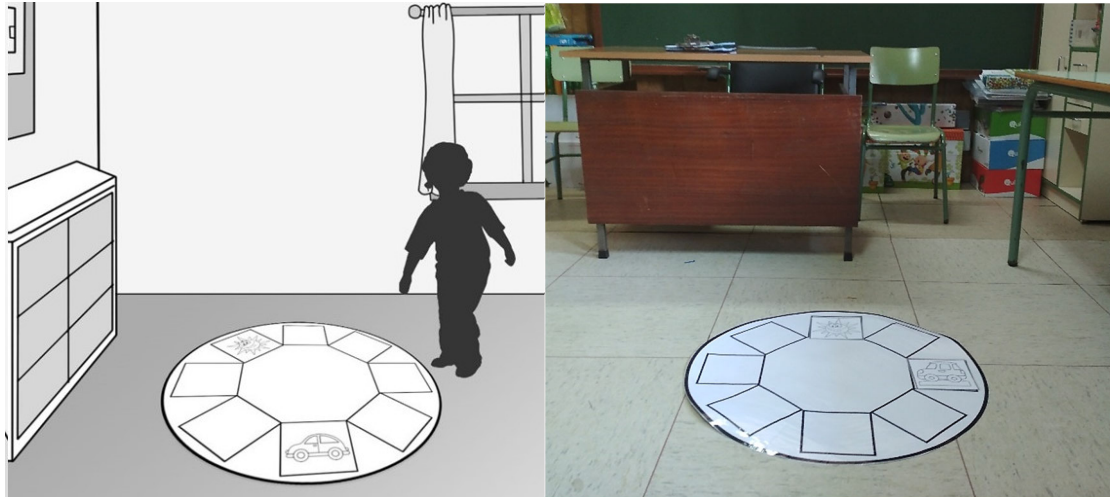


FIGURA 9. TEST DE MEMORIA ESPACIAL ALOCÉNTRICO – VERSIÓN INFANTIL

Este test examina la capacidad para representar ubicaciones espaciales de los objetos haciendo uso de la información del entorno. El niño se encuentra situado en uno de los extremos de la plantilla circular y se le pide que memorice la ubicación de dos cartas con diferentes dibujos (coche y sol), colocadas cada una de ellas en uno de los ocho cuadrados. Trascorridos 10 segundos, el examinador retira las tarjetas y coloca un antifaz al niño, llevándolo caminando hasta un punto diferente de la plantilla. En ese momento, se le retira el antifaz, se le entregan las tarjetas y se le pide que las coloque nuevamente en su posición original. Cuando comete un error en la colocación de las tarjetas, se corrige y se muestra la colocación correcta, mientras que si acierta, se felicita su ejecución. El niño debe realizar un total de 12 ensayos consecutivos, formados por 3 bloques de 4 ensayos para la misma configuración de localización de tarjetas. El niño obtiene 1 punto cada vez que coloca una tarjeta en su posición correcta, obteniendo un máximo de 24 puntos. La tarea finaliza cuando el niño ha realizado todos los ensayos o cuando ha obtenido 2 ensayos consecutivos de 0 puntos en el mismo bloque (criterio de parada) (Anexo 13).

3.2.2.5. Behavior Assessment System for Children (BASC) – Versión para padres (Reynolds y Kamphaus, 1992)

Se trata de un cuestionario que evalúa las alteraciones conductuales y emocionales en infancia y adolescencia. En su administración a padres, este cuestionario se divide en niveles según la edad del niño, empleando en esta investigación el nivel 1 (de 3 a 6 años, educación preescolar) y 2 (de 6 a 12 años, educación primaria) con 130 y 134 ítems respectivamente. Cada ítem describe un comportamiento que puede ser evaluado en 4 niveles de acuerdo con su frecuencia en los últimos 6 meses (A: nunca; B: a veces; C: frecuentemente y D: casi siempre). En este cuestionario, se consideran dos dimensiones: adaptativa y clínica. La dimensión de adaptación y ajuste incluye los índices de adaptabilidad, habilidades sociales y liderazgo, mientras que la dimensión clínica o desadaptativa incluye agresividad, hiperactividad, problemas de comportamiento, problemas de atención, atipicidad, depresión, ansiedad, retraimiento y somatización. Este cuestionario permite su corrección informatizada, donde se obtiene un perfil de conducta y adaptabilidad de cada niño empleando puntuaciones T.

3.2.2.6. Versión adaptada de la Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q) – Versión para padres

En esta adaptación de la Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q) se seleccionaron los mismos ítems que en el estudio empleado por Juan y colaboradores (2014), en este caso, relacionados todos ellos con habilidades de memoria espacial en el día a día. En este cuestionario, se pregunta a los padres por las capacidades de memoria de sus hijos en la vida cotidiana. Cada ítem se clasifica en una escala de Likert de 1 a 4 (1 - Nunca, 4 - Siempre).

Los ítems seleccionados se muestran a continuación en la Figura 10.

MEMORIA:

A continuación encontrará una serie de frases que describen conductas relacionadas con la memoria que puede observarse en el día a día. Por favor, lea cada frase y elija la respuesta que mejor describa el comportamiento de su hijo/a en los últimos seis meses. Si su comportamiento ha variado mucho durante este periodo, refiérase a su comportamiento más reciente. **RECUERDE:** responda a todas las cuestiones, no deje ninguna en blanco

NUNCA o CASI NUNA	ALGUNAS VECES	MUCHAS VECES	SIEMPRE O CASI SIEMPRE						
A	B	C	D		A	B	C	D	
12	Recuerda el camino para ir a casa.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12
17	Tiene buena orientación.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17
36	Olvida cómo se va a un sitio al que le acaban de explicar cómo ir.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	36
39	Recuerda dónde deja sus cosas.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	39
45	Se pierde en lugares conocidos.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	45
62	Recuerda dónde están guardadas sus cosas.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	62
66	Reconoce los sitios en los que ha estado antes.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	66
50	Se suele perder en sitios donde había estado antes.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
28	Se le da bien aprender el camino para ir a un sitio nuevo.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28

FIGURA 10. ÍTEMS DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA DE LA MEMORIA SELECCIONADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA MEMORIA ESPACIAL

3.2.2.7. Medición de cortisol

Se emplearon los sistemas Salivette® (Salivette, Sarsdtedt, Nümbchet, Alemania) para la recogida de las muestras de cortisol en saliva, consistente en un kit de extracción de muestras (doble tubo de plástico con una torunda de algodón en su interior). Los padres recibían unas instrucciones previas requeridas para la correcta recogida de la muestra de cortisol, tales como no practicar ejercicio vigoroso en las dos horas anteriores, así como no comer, no tomar chicles ni caramelos, no beber líquidos excepto agua y no lavarse los dientes en la media hora anterior.

La recolección de la muestra de saliva de los niños participantes tenía lugar al finalizar las tareas neuropsicológicas, siendo las últimas realizadas el Test de Memoria Espacial Egocéntrico y Allocéntrico – Versión infantil. En primer lugar, tanto el niño como la evaluadora se lavaban las manos. A continuación, se le pedía al niño que se enjuagara la boca con agua fría y se procedía a la introducción de la torunda de algodón en la boca, recalándole la importancia de realizar movimientos masticatorios para estimular la salivación. Tras un minuto de tiempo, la examinadora devolvía el algodón a su correspondiente tubo, tomando nota de la fecha y horas exactas de la recogida. Estas horas variaron desde las 16:45 como más temprana y 18:20 como más tardía. Posteriormente, estas muestras se almacenaron a una temperatura de -20°C. El nivel de cortisol se determinó mediante un método de inmunoensayo enzimático utilizando el kit ELISA (Cortisol Competitive ELISA Kit; Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA). Las variaciones inter-

ensayo e intra-ensayo fueron del 8,1% y 8,8%, respectivamente. La sensibilidad del ensayo fue de 17.3 pg/mL

3.2.2.8. Recogida de variables de riesgo perinatal

A través de la consulta en las historias clínicas de los niños participantes, se han recogido una serie de variables, que podemos dividir en dos grandes grupos: aquellas empleadas para describir y caracterizar la muestra y aquellas empleadas como medida de riesgo perinatal.

En primer lugar, para describir la muestra se tuvieron en cuenta las alteraciones diagnosticadas en el desarrollo posterior, el test de APGAR a los 1 y 5 minutos y el estado de crecimiento intrauterino (pequeño, adecuado y grande para la edad gestacional). En las medidas de riesgo perinatal, se han empleado aquellos factores de influencia descritos en la Tabla 2 (Método, apartado 3.1.2.4.)

3.2.3. Procedimiento

Los progenitores y tutores fueron informados del propósito y metodología de la investigación a través de las AMPAS (Asociaciones de Madres y Padres de Alumnos) de sus respectivos centros educativos en el caso de los nacidos a término y a través de cartas y llamadas telefónicas efectuadas desde el servicio de Neonatología del HUCA (Hospital Universitario Central de Asturias) en el caso de los prematuros (Anexo 14 y 15 para los controles y prematuros, respectivamente). Tras recibir el consentimiento informado firmado y cumplimentado por los progenitores (Anexo 10), daba comienzo la evaluación neuropsicológica, que duraba una hora aproximadamente. Se procedía a aplicar en este orden, RIST, Descubrimiento de Rutas, Puzles Geométricos, Test de Memoria Espacial Egocéntrica – Versión infantil y Test de Memoria Espacial Allocéntrica – Versión infantil. Además, en la muestra de niños a término, al finalizar la sesión de evaluación, se procedía a la toma de la muestra de cortisol. En el caso de los niños prematuros, se realizó posteriormente una búsqueda a través de sus historias clínicas de las variables de riesgo perinatal anteriormente comentadas.

Durante la realización de los test, los padres cumplimentaban una serie de escalas y cuestionarios: un cuestionario de recogida de variables de carácter demográfico y socioeconómico (Anexo 16), el cuestionario Behavior Assessment System for Children (BASC) en su versión para padres, y una adaptación del test Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q).

3.3. Orientación espacial en infancia, adultez y vejez

3.3.1. Participantes

La muestra de personas jóvenes se compuso por 47 varones y 47 mujeres con edades comprendidas entre los 18 y los 32 años. Se incluyeron aquellos participantes con cociente intelectual normalizado, sin enfermedades ni eventos traumáticos de origen neurológico, sin trastornos del neurodesarrollo ni trastornos psicológicos. Sin embargo, aquellos participantes que cumplían todo lo anterior pero que obtuvieron un CI por debajo de 85 en la tarea RIST, anteriormente explicada, fueron eliminados de la muestra total. Las evaluaciones se llevaron a cabo en la Facultad de Psicología de Oviedo en horario de mañana y tarde entre marzo y junio de 2018. Aunque toda la muestra fue considerada para los análisis de género en la orientación espacial (Resultados, apartado 4.3.1.), se seleccionó al azar un total de 55 sujetos para analizar el rendimiento en orientación espacial en diferentes momentos del ciclo vital (Resultados, apartados 4.3.2 y 4.3.3.). La razón para no considerar a la muestra en su conjunto fue tratar de contar con un número de sujetos más proporcional entre los diferentes grupos. Así, de los 94 participantes iniciales, se eligieron 25 mujeres y 30 hombres, con un rango de edad comprendido entre los 18 y los 32 años. En segundo lugar, se incluyó una muestra de 55 niños de 5 a 7 años seleccionada al azar de los 62 participantes iniciales. El motivo de no considerar a la muestra completa fue el mismo anteriormente explicado en la selección de los participantes adultos para los análisis por grupos de edad. Así, dicha muestra se compuso por 25 niñas y 30 niños (5 años= 17 sujetos, 6 años=19 sujetos y 7 años=19 sujetos). Por último, la muestra de personas mayores estuvo formada por 11 hombres y 16 mujeres de 62 a 81 años de edad. Se incluyeron los mismos criterios de inclusión y exclusión que en las personas jóvenes, aunque en esta muestra se incluyó como criterio de exclusión la presencia de deterioro cognitivo, que fue registrado a través del test Montreal Cognitive Assessment (*MoCA*) (Nasreddine y cols., 2005). Así, de acuerdo al punto de corte propuesto por los autores de este test, no se consideraron para el presente estudio aquellas personas con puntuaciones inferiores a 26 puntos. Las evaluaciones se llevaron a cabo en asociaciones de Oviedo en horario de tarde entre enero y junio de 2017.

3.3.2. Material y métodos

3.3.2.1. RIST (Reynolds y Kamphaus, 2003)

Este test ha sido previamente explicado en el apartado 3.2.1.1. del Material y método, donde la versión, las tareas y las normas de aplicación son las mismas que en población infantil.

3.3.2.2. Montreal Cognitive Assessment (*MoCA*) (Nasreddine y cols., 2005)

Se trata de un test de cribado de deterioro cognitivo leve (DCL) en población general que evalúa diferentes funciones cognitivas: funciones ejecutivas, capacidades visoespaciales, memoria, atención, concentración, memoria de trabajo lenguaje y orientación temporal y espacial.

La puntuación máxima que se puede obtener en el test es de 30 puntos. Una puntuación igual o superior a 26, se considera normal, por lo tanto, el punto de corte para DCL es 26 (siendo 21 el punto de corte para demencia). Se realiza una corrección para personas con menos de 12 años de escolaridad añadiendo 1 punto. El tiempo aproximado de administración es de 10 minutos. Es necesario mencionar que no existen estudios sobre su validez en población española, por lo que el punto de corte obtenido en otras versiones debe tomarse con cautela, aunque existe una validación preliminar de la versión española en sujetos con deterioro cognitivo leve DCL (Lozano Gallego y cols., 2009).

3.3.2.3. Test de Orientación de Líneas de Benton (Benton, Hamsher, Varney, y Spreen, 1983)

Este test tiene el objetivo de medir la capacidad para establecer juicios y relaciones espaciales. Para ello, se emplean dos líneas en la parte superior de la hoja y once líneas en la parte inferior, colocadas de manera radial. En este caso, se le pide al participante que empareje las dos líneas situadas en la parte superior con sus dos correspondientes líneas en la parte inferior. Para el presente estudio, se ha empleado la versión abreviada TF 2/3 H11-30. La tarea comienza con cinco ensayos de prueba, en los que el participante es corregido si comete algún error. A continuación, se llevan a cabo los 30 ensayos restantes de la tarea. Cuando el participante responde correctamente a las dos líneas, recibe un punto, de manera que la puntuación total de la tarea puede variar entre 0 y 30 puntos. Se establece como punto de corte 23, de manera que puntuaciones iguales o superiores indican resultados normales.

3.3.2.4. Amplitud Espacial - CANTAB (Robbins y cols., 1994)

Se emplean para el presente estudio las subpruebas de Amplitud Espacial Directa e Inversa de la batería CANTAB (*Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery*) (Robbins y cols., 1994). Se trata de dos tareas informatizadas para la evaluación del span visoespacial en su versión Directa y de la memoria de trabajo visoespacial en la versión Inversa. En una pantalla táctil, aparecen una serie de cuadrados blancos sobre un fondo negro, algunos de los cuales se van iluminando de un color diferente en un orden específico. Tras dos ensayos de ejemplo con un span de dos cuadrados, se le pide al sujeto que toque dichos cuadrados en el mismo orden en la parte Directa y en el orden contrario en la parte Inversa. Los ensayos de prueba comienzan también con dos cuadrados, añadiendo un cuadrado más a cada nuevo ensayo si el participante realiza el ensayo correctamente. Si se equivoca, debe repetir otro ensayo con el mismo span con el que tuvo el error. La tarea finaliza cuando el participante se equivoca en tres ensayos consecutivos con el mismo span o bien cuando llega a un máximo de nueve cuadrados recordados, de manera que las puntuaciones pueden variar entre 0 y 9 cuadrados.

3.3.2.5. Test de Memoria Espacial Egocéntrica

En este caso, mientras que los niños ejecutaron el Test de Memoria Espacial Egocéntrica – Versión infantil, ya explicado anteriormente (apartado 3.2.2.3. de Material y método), los adultos y ancianos realizaron esta misma tarea, aunque con una serie de modificaciones. En este caso, se sitúa en el suelo una plantilla cuadrada (105 x 105 cm.) dividida en una matriz de 3x3 (35x35 cm.). La plantilla se rodea con cuatro paneles opacos (280 x 205 cm.) dispuestos de forma cuadrada para evitar el uso de claves ambientales que puedan sesgar la respuesta egocéntrica. El participante

debe permanecer de pie colocado en el cuadrado central de la matriz y se emplean tres tarjetas (30 x 30 cm.) como estímulos (círculo, triángulo y cruz) (Figura 11).

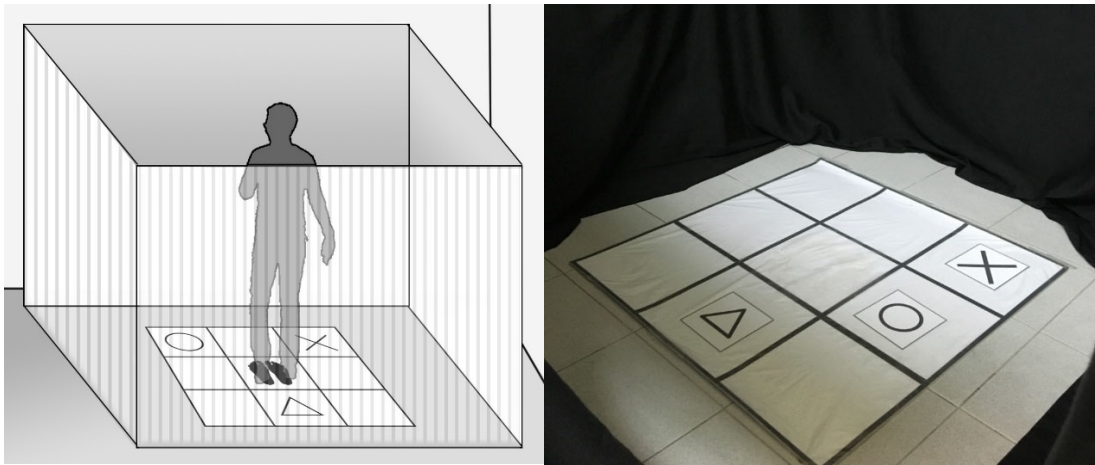


FIGURA 11. TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICO

El participante se coloca en el centro de la plantilla, rodeada por cuatro paneles opacos con el objetivo de hacer que tome la posición de su cuerpo como punto de referencia y evitar que emplee claves ambientales. En esta tarea se evalúa la capacidad de memorizar la localización espacial de los objetos situados en el suelo, alrededor del participante. Este test consta de dos partes. En la parte A, el participante, que se encuentra de pie en el cuadrado central de la matriz, debe recordar la posición de tres tarjetas (círculo, triángulo y cruz), colocadas cada una de ellas en una de las ocho posibles localizaciones que le rodean. Tras diez segundos de demora, la evaluadora retira las tarjetas y le pide al participante que las vuelva a colocar en sus posiciones originales. Este procedimiento se realiza durante diez ensayos, donde las tarjetas ocupan posiciones diferentes en cada uno de ellos. En la parte B, el participante también debe recordar la localización de las tres tarjetas, pero inmediatamente después de haber sido retiradas, el sujeto es rotado sobre sí mismo a la derecha o a la izquierda 90° o 180° , tras lo que se le pide que vuelva a colocar las tarjetas en la misma ubicación. Esta segunda parte del test se compone de los mismos 10 ensayos que la parte A, pero incluyendo el cambio de posición del participante. Durante toda la tarea, el sujeto puede ver todos los cambios realizados, tanto la colocación y la retirada de tarjetas como sus propios cambios de posición. En cada parte, A y B, el sujeto puede obtener 30 puntos, de modo que la puntuación total de la tarea varía entre 0 y 60 puntos (Anexo 17). Como comentábamos en la población infantil, para proceder a comparar entre los marcos egocéntrico y allocéntrico, se transformaron las puntuaciones directas de la parte B multiplicando en este caso por una constante de 2. Por otro lado, para el análisis del rendimiento entre adultos jóvenes y ancianos se tomaron las puntuaciones directas, aunque en el caso de la comparativa con los niños, se procedió a realizar otra transformación de las puntuaciones en dicho grupo. Dado que la puntuación máxima de la versión infantil es 20, se procedió a multiplicar los puntos alcanzados por este grupo por una constante de 3, convirtiendo así las puntuaciones de todos los grupos de edad en equivalentes.

3.3.2.6. Test de Memoria Espacial Allocéntrica

Las características de este test son las mismas explicadas en el Test de Memoria Espacial Allocéntrica – Versión infantil (apartado 3.2.2.4. de Material y método). De nuevo, los niños realizaron dicha Versión infantil, mientras que los adultos ejecutaron esta misma tarea con una serie de modificaciones. En este caso, la plantilla circular mide 95 cm. De diámetro y se coloca a su

vez sobre una mesa también circular. Los ocho cuadrados situados a lo largo del perímetro miden 35x35 cm. Se emplean en este caso tres tarjetas de 30x30 cm. como estímulos (círculo, triángulo y cruz). Igualmente, el test transcurre en una habitación rectangular, con objetos y muebles normalmente visibles a la vista del participante (Figura 12).



FIGURA 12. TEST DE MEMORIA ESPACIAL ALOCÉNTRICO

En esta tarea se examina la habilidad para representar la localización de los objetos en el espacio empleando claves ambientales. Utilizando una plantilla circular con ocho posibles localizaciones, señaladas por cuadrados, la examinadora coloca tres tarjetas (círculo, triángulo y cruz) en tres de las ocho ubicaciones. Se le pide al participante que trate de memorizar la localización de las tarjetas y tras diez segundos de demora, se le coloca un antifaz. A continuación, la examinadora guía al participante caminando alrededor de la plantilla hasta dejarle en una nueva ubicación. Desde esta nueva posición, en cada ensayo, se le pide al participante que vuelva a colocar las tarjetas en su lugar. Si el sujeto comete algún error en la ubicación de los estímulos, la examinadora le enseña la colocación correcta. Este test se compone de cinco bloques de cuatro ensayos cada uno, donde la localización de las tres tarjetas sobre la plantilla es la misma en cada bloque. Así, aunque el participante es movido a una posición diferente en cada ensayo, se mantiene la misma ubicación de las tarjetas a lo largo de los cuatro ensayos de cada bloque. Por cada bloque, el participante puede obtener 12 puntos, de modo que la puntuación total puede oscilar entre 0 y 60 puntos (Anexo 18). De nuevo, se consideraron estas puntuaciones directas para comparar entre adultos jóvenes y mayores. No obstante, las puntuaciones de los niños fueron de nuevo transformadas para equipararlas a las de los adultos, en esta ocasión, por una constante de 1,5. También para el análisis del grupo infantil, dado que esta solo consta de tres bloques de aprendizaje, también se tomaron en cuenta únicamente los tres primeros bloques de la tarea Alocéntrica en su versión para adultos.

3.3.3. Procedimiento

Los adultos jóvenes fueron reclutados a través de correo electrónico, en la que se comunicaba el procedimiento y propósito del estudio (Anexo 19). Dado que en su mayoría eran alumnos de la facultad, recibían a cambio una compensación en la nota de la parte práctica de una asignatura. Los adultos mayores fueron reclutados a través de asociaciones locales, en las cuales se les entregaba una hoja con la información del estudio (Anexo 19). Tras firmar el consentimiento informado (Anexo 20), ambos grupos de participantes realizaron la evaluación neuropsicológica

de aproximadamente una hora de duración. La aplicación de las tareas en los adultos y ancianos seguía el siguiente orden: Test de Memoria Espacial Allocéntrica, RIST o MoCA según procediera, Test de Orientación de Líneas de Benton, Amplitud espacial de CANTAB y Test de Memoria Espacial Egocéntrica.

En el caso de los niños, el procedimiento de reclutamiento, comunicación de información sobre el estudio, firma de consentimiento informado y aplicación de los test aparece recogido en el apartado 3.2.3. Procedimiento de Material y Métodos.

3.4. Diseño experimental

Las investigaciones han seguido un diseño de carácter observacional, descriptivo y transversal, a excepción del estudio de los prematuros de 12, 15, 18 y 22 meses, quienes fueron evaluados de forma longitudinal.

3.5. Análisis estadísticos

Para los análisis estadísticos, se empleó el programa IBM SPSS Statistics Versión 24. Para todas las muestras, se han expuesto datos descriptivos de su ejecución, así como de algunas de sus características sociodemográficas, en términos de media, desviaciones típicas, rangos máximos y mínimos, medianas, rangos intercuartiles y porcentajes. Todos los análisis comenzaron por una verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante Saphiro-Wilk y Levene. En caso de incumplimiento de dichos supuestos, se procedió a aplicarse estadística no paramétrica, mientras que, en caso contrario, se procedió a realizar análisis paramétricos.

En el análisis de niños prematuros y controles por debajo de los dos años se empleó estadística no paramétrica, usándose para los análisis cuantitativos la U de Mann Whitney para comparar entre los dos grupos, el estadístico de Kruskal-Wallis para comparar entre más de dos grupos medidos transversalmente y el estadístico de Friedman para comparar entre más de dos grupos medidos longitudinalmente. Las comparaciones post-hoc siguieron el ajuste de Bonferroni. Para los análisis cualitativos se emplearon los estadísticos de Chi cuadrado y de Fisher para analizar dos grupos transversales en el primer caso, y más de dos grupos longitudinales en el segundo. El tamaño del efecto de las comparaciones entre grupos se expresó mediante coeficientes R de Pearson y la V de Cramer. Para analizar las asociaciones entre variables, se empleó el estadístico de correlación de Spearman.

Para las comparaciones de los grupos de niños de 5 a 7 años controles y prematuros, se usó estadística paramétrica. Se empleó el estadístico ANCOVA para las comparaciones entre grupos (Grupo x Edad x Género, covariando el factor de educación materna) así como para analizar cada grupo aisladamente (Edad x Género). En estas últimas comparaciones se aplicó la corrección FDR o tasa de falsos descubrimientos (Benjamini, Krieger, y Yekutieli, 2006). En las comparaciones entre test dentro de cada grupo por separado se empleó el estadístico ANOVA de medidas repetidas, así como T Student. El tamaño del efecto se reportó mediante Eta cuadrado (η^2) y los análisis post-hoc se realizaron mediante la prueba de Tukey. Para analizar las asociaciones entre variables, se emplearon las correlaciones de Pearson. Por último, en el análisis de los factores de riesgo perinatales del grupo prematuro, dado el reparto irregular de casos según cada variable, se decidió emplear el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney.

Por último, en el análisis de la orientación espacial en población infantil, adulta y mayor se empleó estadística no paramétrica para comparar entre los tres grupos, mediante el estadístico de Kruskal-Wallis. No obstante, dado que únicamente fue el grupo de personas mayores el que no superó los

supuestos de normalidad y homogeneidad, sí se usó estadística paramétrica en los grupos de adultos y niños. Así, para la comparación entre varones y mujeres del grupo de adultos jóvenes, se empleó T Student, mientras que en la comparación entre el grupo de jóvenes y niños se usó un análisis ANOVA (Edad x Género). En las comparaciones realizadas dentro de cada grupo, tanto en los niños como en los jóvenes, se usó el estadístico ANOVA de medidas repetidas junto con el análisis post-hoc de Holm-Sidak, así como la prueba T Student para muestras relacionadas. En dichas comparaciones, el tamaño del efecto se expresó mediante la *d* de Cohen o mediante Eta cuadrado (η^2), y en los análisis de correlación se empleó el estadístico de Pearson. No obstante, en las comparaciones con las personas mayores, sí se usó estadística no paramétrica, como la U de Mann-Whitney para comparar entre dos grupos, Wilcoxon para comparar el rendimiento entre tareas y Friedman para comparar la misma tarea, ambas dentro del mismo grupo de mayores. Los análisis de correlación se realizaron mediante la prueba de Spearman y el tamaño del efecto se expresó mediante coeficientes R de Pearson.

Para todas las comparaciones se consideró un resultado significativo cuando $p < 0,05$; a excepción de los análisis corregidos por Bonferroni, cuya significación será reportada en cada una de las comparaciones.

3.6. Consideraciones éticas y financiación

Esta investigación ha sido diseñada de acuerdo con los principios éticos para investigación médica en seres humanos de la Declaración de Helsinki, siendo además aprobada por el Comité Ético de Investigación del Principado de Asturias (N.º 156/18). Todos los participantes, o sus progenitores en el caso de los menores, recibieron información previa sobre los propósitos del estudio, así como de los posibles beneficios y/o riesgos y del carácter confidencial de los datos recogidos. Todos ellos firmaron además un consentimiento informado antes de comenzar el estudio.

Este estudio ha recibido varias fuentes de financiación: del Programa «Severo Ochoa» de Ayudas Predoctorales de la Consejería de Cultura y Deporte del Principado de Asturias (PA-17-PF-BP16090) y de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación Del Gobierno de España en los proyectos PSI2017-83893-R, PSI2015-73111-EXP, y PSI2017-90806-REDT.

4. Resultados

4.1. Desarrollo de la memoria visoespacial en niños de desarrollo típico y prematuros menores de dos años

4.1.1. Descripción de la muestra a término y prematura de 12 a 22 meses

4.1.1.1. Características de los grupos control y prematuro

En primer lugar, se han analizado las características sociodemográficas de la muestra control y prematura. En la Tabla 3 se muestran algunas de las características más destacables de la muestra control y prematura. En el caso de la muestra control, ya que se ha procedido a una recogida transversal de los datos y no longitudinal como ocurría con los niños prematuros, se muestran también sus características sociodemográficas de acuerdo a su edad en la Tabla 4. En el caso de los niños prematuros, se muestran también algunos factores relacionados con el riesgo perinatal y posnatal temprano (Tabla 5).

TABLA 3. DESCRIPCIÓN SOCIODEMOGRÁFICA DE LA MUESTRA CONTROL Y PREMATURA

		Controles (N=65)	Prematuros (N=20)*
		Media (Desv. Típica)	
Edad madre		37,21 (4,02)	34,30 (3,79)
Edad padre		38,38 (3,74)	37,40 (4,52)
		N (%)	
Niñas		33 (50,8%)	10 (50%)
Niños		32 (49,2%)	10 (50%)
Estudios madre	Primarios	1 (1,7%)	0 (0%)
	Secundarios	8 (13,3%)	7 (35%)
	Técnicos	19 (31,7%)	4 (20%)
	Universitarios	32 (53,3%)	9 (45%)

Estudios padre	Primarios	0 (0%)	2 (10%)
	Secundarios	16 (30,2%)	7 (35%)
	Técnicos	15 (28,3%)	9 (45%)
	Universitarios	22 (41,5%)	2 (10%)
Enfermedades madre		3 (4,7%)	3 (15%)
Enfermedades padre		9 (16,1%)	2 (10%)
Hermanos	Hijo único	26 (41,9%)	0 (50%)
	Uno	34 (54,8%)	8 (40%)
	Dos	2 (3,2%)	2 (10%)
Complicaciones en el parto		9 (14,8%)	4 (20%)
Lactancia	Biberón	23 (37,1%)	9 (45%)
	Pecho	22 (35,5%)	1 (5%)
	Ambos	17 (27,4%)	10 (50%)
Otros idiomas hablados en el hogar		10 (16,1%)	0 (100%)

* Se exponen los datos de los 20 niños participantes en la medida de 12 meses, ya que era el momento en que todas estas variables sociodemográficas eran tomadas

TABLA 4. DESCRIPCIÓN SOCIODEMOGRÁFICA (MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA O N Y %) SEGÚN LOS GRUPOS DE EDAD (12, 15, 18 Y 22) DE LOS NIÑOS DE DESARROLLO NORMALIZADO

		12 (N=16)	15 (N=16)	18 (N=18)	22 (N=15)
		Media (Desv. Típica)			
Edad madre		37,06 (3,71)	37,53 (4,20)	36,94 (3,36)	36,79 (4,83)
Edad padre		37,86 (4,81)	38 (3,10)	38,75 (4,13)	38,67 (2,67)
		N (%)			
Niñas		8 (50%)	8 (50%)	9 (50%)	8 (53,3%)
Niños		8 (50%)	8 (50%)	9 (50%)	7 (46,7%)
Estudi	Primarios	0 (0%)	0 (0%)	1 (6,3%)	0 (0%)

	Secundarios	0 (0%)	1 (7,1%)	3 (18,8%)	4 (28,6%)
	Técnicos	4 (25%)	5 (35,7%)	6 (37,5%)	4 (28,6%)
	Universitarios	12 (75%)	8 (57,1%)	6 (37,5%)	6 (40%)
Estudios padre	Primarios	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Secundarios	4 (28,6%)	2 (16,7%)	5 (33,3%)	5 (41,7%)
	Técnicos	3 (21,4%)	3 (25%)	5 (33,3%)	4 (33,3%)
	Universitarios	7 (50%)	12 (58,3%)	5 (33,3%)	3 (25%)
Enfermedades madre		1 (6,3%)	0 (0%)	1 (5,9%)	1 (7,1%)
Enfermedades padre		2 (14,28%)	2 (15,38%)	3 (18,75%)	1 (8,3%)
Hermanos	Hijo único	5 (31,3%)	6 (40%)	8 (47,1%)	7 (50%)
	Uno	10 (62,5%)	8 (53,3%)	9 (52,9%)	7 (50%)
	Dos	1 (6,3%)	1 (6,7%)	0 (0%)	0 (0%)
Complicaciones en el parto		0 (0%)	2 (13,3%)	4 (25%)	3 (21,4%)
Lactancia	Biberón	4 (25%)	6 (40%)	6 (35,3%)	7 (50%)
	Pecho	7 (43,8%)	5 (33,3%)	6 (35,3%)	4 (28,6%)
	Ambos	5 (32,3%)	4 (26,7%)	5 (29,4%)	3 (21,4%)
Otros idiomas hablados en el hogar		3 (20%)	3 (20%)	3 (17,6%)	1 (7,1%)

TABLA 5. DESCRIPCIÓN (MEDIA-DESVIACIÓN TÍPICA O N-PORCENTAJE) DE LAS DIFERENTES VARIABLES NEONATALES Y DE DESARROLLO NEUROLÓGICO EN LA MUESTRA TOTAL DE NIÑOS PREMATUROS MENORES DE DOS AÑOS

	Media (Desv. Tip.)	Mediana (Rango máximo y mínimo)
Peso al nacer (gramos)	1800,75 (376,07)	1875 (1170-2425)
Edad gestacional (semanas)	32,90 (1,91)	33 (30-36)
		Mediana [Rango intercuartil]
Test APGAR (1 minuto)	8,30 (1,21)	9 [8-9]
Test APGAR (5 minutos)	9,55 (0,76)	10 [9-10]
Percentil del recién nacido	29,32 (2,75)	30,25 [28,37-31]

4.1.1.2. Comparación de las características de la muestra a término y prematura según características sociodemográficas y variables de riesgo perinatal

En primer lugar, se ha procedido a comparar a la muestra control y prematura en diferentes variables sociodemográficas e hitos de desarrollo. Se han hallado diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y prematuro en el nivel de estudios paterno ($\chi^2_3=11,459$; $p=0,009$), donde los padres de los niños controles presentan niveles educativos más avanzados; en la presencia de un hermano gemelo ($\chi^2_2=23,981$; $p<0,001$), más frecuente en el grupo prematuro; en el tipo de lactancia ($\chi^2_2=7,558$; $p=0,023$), donde los niños controles recibieron lactancia materna con mayor frecuencia, mientras que la mayoría de los niños prematuros o bien tomaron biberón o bien combinaron ambos métodos; así como en la edad de la madre ($U=364,5$; $p=0,004$), donde las madres de los controles fueron significativamente más mayores que las de los prematuros. Las variables edad paterna, nivel de estudios de la madre, presencia de hermanos y posición entre ellos, enfermedades de la madre y del padre y número de idiomas hablados en el hogar no mostraron diferencias significativas.

En cuanto a la evaluación de los hitos de desarrollo esperables durante el primer año de vida, encontramos que controles y prematuros difieren significativamente en los meses en que comenzaron a sentarse ($U=434$; $p=0,049$) y a caminar con apoyo ($U=219$; $p=0,013$), encontrando en ambos casos que los controles lo hicieron primero que los prematuros. Las edades medias a las que fueron logrados los hitos evolutivos se exponen en la Tabla 6.

TABLA 6. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS EDADES DE COMIENZO (EN MESES) DE DIFERENTES HITOS DE DESARROLLO EN LAS MUESTRAS PREMATURA Y CONTROL

	Controles	Prematuros*
	Media (Desv. tip.)	
Sentarse	7,02 (2,08)	7,75 (1,68)
Pinza con el pulgar y el índice	8,35 (2,31)	8,60 (1,95)
Gatear	8,84 (1,85)	9,20 (1,69)
Ponerse de pie con apoyo	10,62 (2,33)	10,31 (0,79)
Caminar con ayuda/apoyo	10,79 (0,69)	11,85 (1,78)
Balbupear	6,39 (2,46)	7,73 (2,96)
Repetir lo que acaba de oír	11,64 (2,06)	10,54 (1,50)
Señalar	10,94 (2,17)	10,15 (1,57)
Saludar con la mano	10,71 (2,07)	9,62 (1,26)
Decir sus primeras palabras	11,26 (2,87)	11,54 (1,39)

* Se exponen los datos de los 20 niños participantes en la medida de 12 meses, ya que era el momento en que todas estas variables sociodemográficas eran tomadas

En segundo lugar, se procedieron a examinar las características neonatales del grupo de niños que participaron y completaron la investigación (N=15), aquellos que la iniciaron y abandonaron en algún momento (N=5) y los que no colaboraron o no respondieron en ningún momento (N=29), con el objetivo de descartar o confirmar la presencia de alguna variable de riesgo perinatal que pudiese influir en la no participación o no finalización del estudio y, con ello, condicionar la generalización de los resultados. Observamos diferencias estadísticamente significativas en las variables fecundación in vitro ($\chi^2_2=6,635$; $p=0,036$), apneas ($\chi^2_2=8,709$; $p=0,013$) y hemorragias intra y periventriculares ($\chi^2_4=27,915$; $p<0,001$). En cuanto a la fecundación in vitro, observamos que dicho tratamiento fue administrado a 9 de 28 no respondedores (32,14%) y en 2 de 5 abandonos (40%), pero no existe ningún caso en los participantes que completan la investigación (0%). En cuando a las apneas, las han presentado 3 niños de los 15 participantes (20%), 2 niños de los 28 no respondedores (7,14%) y 3 niños de los 5 abandonos (60%). En último lugar, con respecto a las hemorragias, que en nuestra muestra fueron todas intraventriculares de grado I, observamos que 4 niños de los 15 participantes (26,66%), así como un niño de los 5 abandonos (20%) las presentaron, pero no hallamos ningún caso entre los no respondedores (0%). No obstante, debe tenerse en cuenta en este último análisis una elevada ausencia de recogida de dicha variable en bastantes de los casos, encontrando que no se disponen de datos de la presencia o no de hemorragia intraventricular o periventricular en 2 niños de los 15 participantes (13,33%), en 2 niños de los 5 abandonos (40%) y en 26 niños de los 28 no participantes (92,85%). Las variables que no mostraron diferencias significativas entre los grupos fueron la edad gestacional, el peso al nacer, Apgar 1 minuto, Apgar 5 minutos, índice CRIB, parto múltiple, corticoides, antibioterapia materna, corioamnionitis, hipertensión matera, parto vaginal o cesárea, intubación orotraqueal, presión positiva de las vías aéreas, surfactante, inotrópicos, intervención quirúrgica, enfermedad

de la membrana hialina, ductus arterioso persistente, enterocolitis necrotizante, sepsis temprana o tardía y anemia transfundible.

Comparando con mayor detenimiento a los participantes que completaron el estudio y a los que abandonaron, solo se hallan diferencias significativas entre los grupos en la fecundación in vitro ($\chi^2_{16,667}$; $p=0,010$). Analizando también entre estos dos grupos las diferentes variables sociodemográficas, observamos únicamente diferencias significativas entre los grupos en la edad materna, donde las madres de los niños que finalizaron la investigación fueron significativamente más jóvenes ($U=11,500$; $p=0,021$), con $33,27\pm 3,45$ frente a $37,40\pm 3,28$. Por otra parte, variables como la edad del padre, estudios de la madre y del padre, enfermedades de la madre y del padre, número de hermanos y posición con respecto a los mismos, tipo de lactancia y otros idiomas hablados en el hogar no mostraron diferencias entre los casos participantes y los casos de abandono. Estos datos ponen de manifiesto que los resultados presentados en los siguientes apartados pueden tener una generalización limitada a toda la población prematura, especialmente en aquellas familias que hayan recibido fecundación in vitro y en aquellos neonatos que hayan sufrido de apenas y/o hemorragias intraventriculares. Sin embargo, parece que la participación completa o el abandono en el estudio no parece estar determinada por las características perinatales y neonatales, salvo por el tratamiento de fecundación in vitro, ni por las sociodemográficas, con la excepción de la edad materna.

4.1.2. Comparación de la memoria visoespacial, desarrollo cognitivo generalizado y conducta, y temperamento entre niños de desarrollo típico y prematuros menores de dos años (Trabajo Original II)

4.1.2.1. Rendimiento en memoria visoespacial en los niños prematuros y de desarrollo típico menores de dos años

4.1.2.1.1. Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en *Bebé-Mnemo (BM)*

En primer lugar, se comparó los datos de controles y prematuros según su edad cronológica en las medidas cuantitativas de *Bebé-mnemo* (BM Localización total, BM Demora segundos, BM Actualización total). En este caso, hallamos diferencias significativas entre controles y prematuros a la edad de 22 meses en BM Localización total ($U=74$; $p=0,048$; $r=0,360$) y BM Actualización total ($U=55$; $p=0,014$, $r=0,450$), donde, en ambos casos, los controles obtienen mejores resultados (Figura 13). Sin embargo, no encontramos diferencias significativas entre controles y prematuros en el resto de las edades ($p>0,05$).

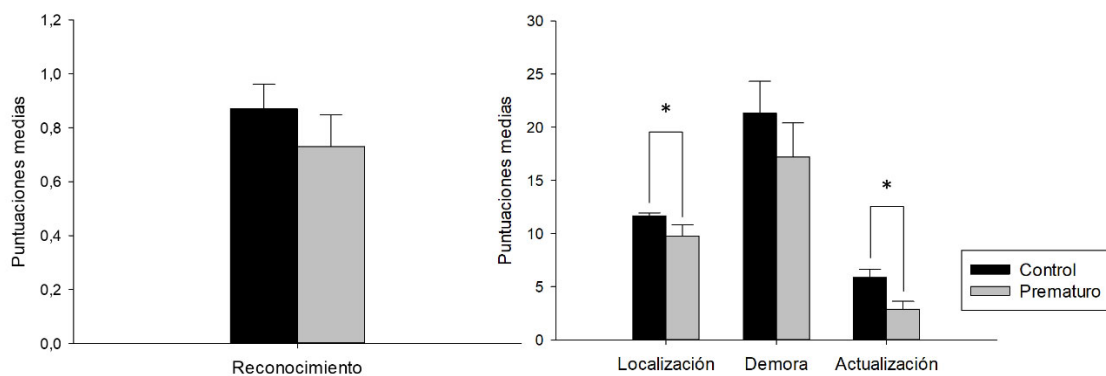


FIGURA 13. COMPARACIÓN ENTRE PREMATUROS Y CONTROLES DE 22 MESES EN BEBÉ-MNEMO.

Se hallaron diferencias significativas en las fases de Localización y Actualización. * $p < 0,05$

Por otra parte, en la comparativa de las variables cualitativas (BM Bloque de aprendizaje, BM Tolerancia Demora, BM Actualización Bloque, y BM Actualización Primer Bloque), no obtenemos diferencias significativas entre los grupos en la ejecución de estas variables ($p > 0,05$).

Los estadísticos descriptivos de controles y prematuros según edad en todas las variables de Bebé-mnemo se exponen en la Tabla 7.

TABLA 7. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (N Y % O MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA) DE LAS VARIABLES DE APRENDIZAJE DE BEBÉ-MNEMO (BM) EN LA MUESTRA PREMATURA Y CONTROL SEGÚN SU GRUPO DE EDAD

		12		15		18		22	
		Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro
		N (%)							
BM Bloque aprendizaje	Primer bloque	8 (50%)	9 (45%)	9 (56,3%)	10 (58,8%)	12 (66,7%)	10 (71,4%)	14 (93,3%)	12 (80%)
	Segundo bloque	2 (12,5%)	1 (5%)	3 (18,8%)	2 (11,8%)	3 (16,7%)	1 (7,1%)	1 (6,7%)	1 (6,7%)
	Tercer bloque	0 (0%)	1 (5%)	2 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	No aprende	6 (37,5%)	9 (45%)	2 (12,5%)	5 (29,4%)	3 (16,7%)	3 (21,4%)	0 (0%)	2 (13,3%)

BM Tolerancia demora	Tolera demora	10 (62,5%)	9 (45%)	11 (68,8%)	12 (29,4%)	11 (61,1%)	10 (71,4%)	15 (100%)	12 (80%)
	No tolera demora	6 (37,5%)	11 (55%)	5 (31,3%)	5 (29,4%)	7 (38,9%)	4 (28,6%)	0 (0%)	3 (20%)
BM Actualización bloque	Primer bloque	5 (31,3%)	6 (30%)	4 (25%)	4 (23,5%)	3 (16,7%)	3 (21,4%)	9 (60%)	4 (26,7%)
	Segundo bloque	4 (25%)	0 (0%)	3 (18,8%)	3 (17,6%)	4 (22,2%)	2 (14,3%)	4 (26,7%)	4 (26,7%)
	Tercer bloque	1 (6,3%)	1 (5%)	1 (6,3%)	1 (5,9%)	1 (5,6%)	1 (7,1%)	0 (0%)	0 (0%)
	No actualiza	6 (37,5%)	13 (65%)	8 (50%)	9 (52,9%)	10 (55,6%)	8 (57,1%)	2 (13,3%)	7 (46,7%)
Media (Desv. tip.)									
BM Reconoci- miento	0,44 (0,51)	0,35 (0,48)	0,44 (0,51)	0,47 (0,51)	0,56 (0,51)	0,36 (0,49)	0,87 (0,35)	0,73 (0,19)	
BM Localización Total	7,13 (5,53)	5,60 (5,34)	8,69 (4,30)	7,47 (5,10)	8,83 (4,48)	8,21 (4,67)	11,67 (1,04)	9,73 (1,09)	
BM Demora segundos	5,13 (8,06)	6,50 (10,75)	10,25 (11,21)	7,53 (7,19)	9,89 (11,13)	10,29 (11,41)	21,33 (11,60)	17,20 (3,19)	
BM Actualización total	2,56 (2,47)	1,40 (2,39)	2,13 (2,57)	1,94 (2,33)	1,89 (2,65)	1,36 (2,02)	5,87 (2,85)	2,87 (0,76)	

4.1.2.1.2. Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en Hide and Seek (HS)

A continuación, se examinaron las diferencias en las variables de la tarea Hide and Seek (Retención, Actualización, Aciertos, Errores). Así, a los 12 meses de edad encontramos diferencias estadísticamente significativas en las variables Errores ($U=74,5$; $p=0,006$; $r=0,471$) y Aciertos ($U=89,5$; $p=0,023$; $r=0,388$), donde los controles cometen menor número de errores y un mayor número de aciertos en comparación con los prematuros (Figura 14). Sin embargo, no se hallan diferencias en las medidas de Retención y Actualización, así como tampoco observamos más diferencias en ninguna de las variables en la comparativa de grupos de mayor edad ($p>0,05$). Los estadísticos descriptivos de controles y prematuros según edad en esta tarea se muestran en la Tabla 8.

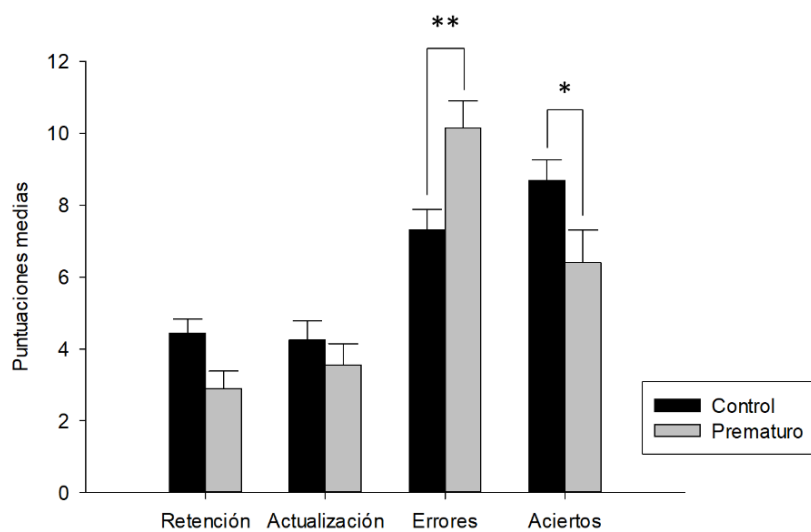


FIGURA 14. COMPARACIÓN DE LAS PUNTUACIONES EN LA TAREA HIDE AND SEEK ENTRE PREMATUROS Y CONTROLES DE 12 MESES.

Se hallaron diferencias significativas en las medidas de Errores y Aciertos. * $p<0,05$; ** $p<0,01$

TABLA 8. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA) DE LA TAREA HIDE AND SEEK (HS) EN LA MUESTRA PREMATURA Y CONTROL SEGÚN LOS GRUPOS DE EDAD

	12		15		18		22	
	Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro
	Media (Desv. tip.)							
HS Retención	4,44 (1,54)	2,90 (2,15)	5,25 (1,84)	5,29 (2,73)	5,83 (1,72)	5,86 (2,28)	6,47 (1,59)	6,20 (0,47)
HS Actualización	4,25 (2,11)	3,55 (2,66)	5,13 (1,96)	4,06 (2,79)	4,50 (2,22)	5,21 (1,62)	5,53 (2,06)	6,13 (0,38)
HS Errores	7,31 (2,30)	10,15 (3,37)	5,63 (2,94)	6,41 (4,45)	5,67 (2,80)	5,07 (2,73)	3,47 (3,04)	3,67 (0,65)
HS Aciertos	8,69 (2,30)	6,40 (4,05)	10,38 (2,94)	9,35 (4,31)	10,33 (2,80)	10,93 (2,73)	12,53 (3,04)	12,33 (0,65)

4.1.2.2. Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en la escala Merrill-Palmer Revisada (MP-R)

A continuación, se comparó a ambos grupos según edad en las medidas de la escala Merrill-Palmer Revisada (Índice General, Cognición, Motricidad Fina, Lenguaje Receptivo, Coordinación Visomotora), tanto en puntuaciones directas como en puntuaciones T. Estas últimas resultan interesantes ya que los datos directos de los niños prematuros no son comparados con los valores normativos de su edad cronológica, sino de su edad corregida.

Comenzando por las puntuaciones directas, observamos en primer lugar que, a los 12 meses, los niños controles obtienen significativamente mejores puntuaciones en las medidas Índice General ($U=16,5$; $p<0,001$; $r=0,742$), Cognición ($U=55$; $p<0,001$; $r=0,843$), Motricidad Fina ($U=79,5$; $p=0,032$; $r=0,368$) y Coordinación Visomotora ($U=57,5$; $p=0,004$; $r=0,500$). Sin embargo, al analizar a esta misma edad las puntuaciones T, hallamos que las diferencias solo se encuentran en Índice general ($U=54$; $p=0,003$; $r=0,517$) y Cognición ($U=22$; $p<0,001$; $r=0,709$), de nuevo con mejor rendimiento en los controles (Figura 15).

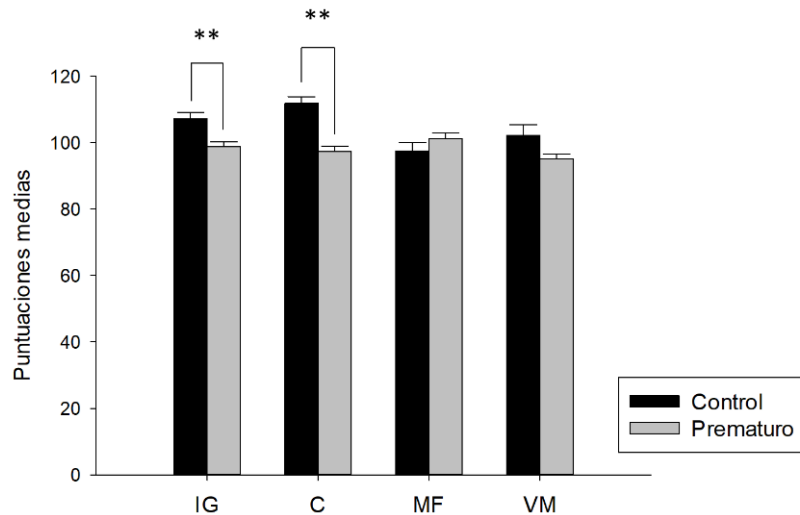


FIGURA 15. COMPARACIÓN DE LAS PUNTUACIONES TÍPICAS (PT) DE LA ESCALA DE DESARROLLO MERRILL-PALMER R (MPR) ENTRE PREMATUROS Y CONTROLES DE 12 MESES.

*Se hallaron diferencias significativas en las medidas de IG y C. ** $p < 0,01$; IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad fina, VM Coordinación visomotora.*

A los 15 meses, encontramos que, en las medidas directas, los controles rinden significativamente mejor que los prematuros en el Índice General ($U=63,5$; $p=0,008$; $r=0,458$), en Lenguaje Receptivo ($U=102$; $p=0,031$; $r=0,376$) y en Coordinación Visomotora ($U=76$; $p=0,029$; $r=0,380$), pero, sin embargo, no hay diferencias en las medidas baremadas. Al contrario que lo hallado en edades anteriores, no encontramos diferencias significativas en las puntuaciones directas entre prematuros y controles a los 18 meses, pero sí las hallamos en las puntuaciones baremadas de Índice General ($U=46$; $p=0,004$; $r=0,520$), Cognición ($U=39,5$; $p=0,001$; $r=0,571$), Motricidad Fina ($U=46$; $p=0,004$; $r=0,521$), Lenguaje Receptivo ($U=64,5$; $p=0,023$; $r=0,408$) y Coordinación Visomotora ($U=39$ $p=0,001$; $r=0,572$). En este caso, encontramos que los prematuros puntúan mejor que los controles (Figura 16).

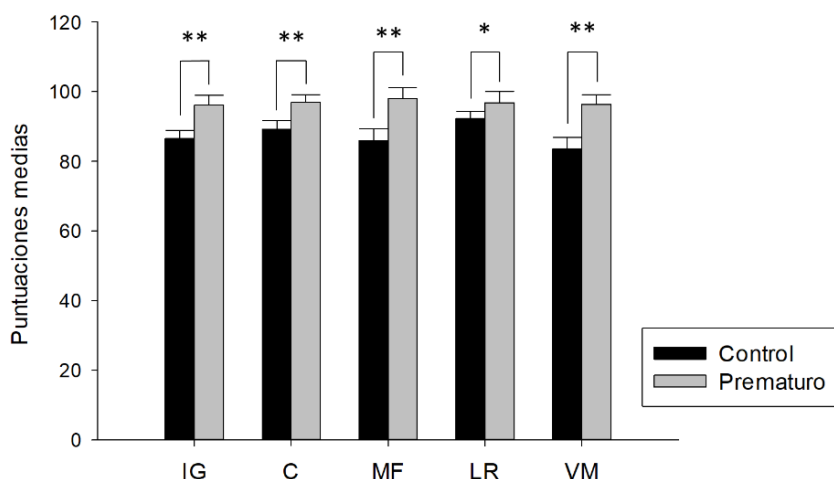


FIGURA 16. COMPARACIÓN ENTRE PREMATUROS Y CONTROLES DE 18 MESES EN LAS PUNTUACIONES TÍPICAS (PT) DE LA ESCALA DE DESARROLLO MERRILL-PALMER R (MPR).

*Se hallaron diferencias significativas en las medidas de IG, C, MF, LR y VM. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad fina, LR Lenguaje receptivo, VM Coordinación visomotora*

A los 22 meses, no se hallan diferencias significativas entre controles y prematuros en las puntuaciones directas, aunque sí en la variable baremada de Coordinación Visomotora ($U=47$; $p=0,006$; $r=0,498$), donde, de nuevo, los prematuros superan a los controles (Figura 17).

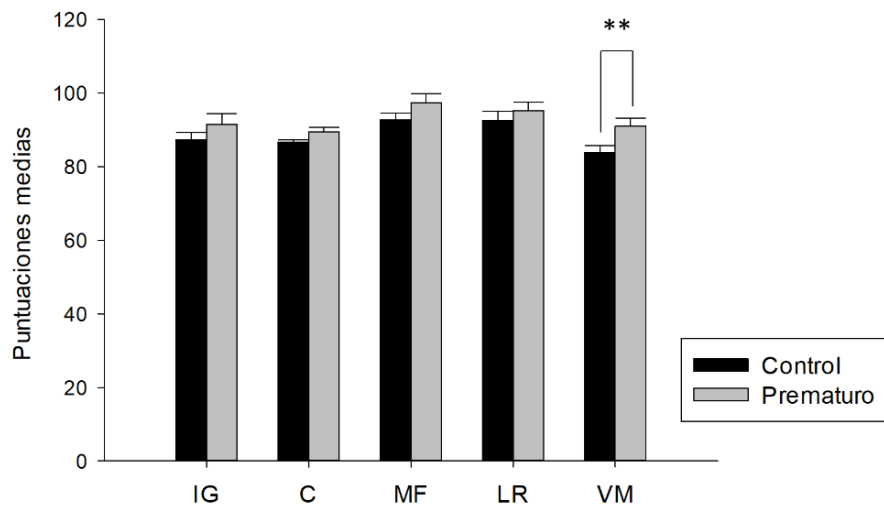


FIGURA 17. COMPARACIÓN ENTRE PREMATUROS Y CONTROLES DE 22 MESES EN LAS PUNTUACIONES TÍPICAS (PT) DE LA ESCALA DE DESARROLLO MERRILL-PALMER R (MPR)
. Se hallaron diferencias significativas en VM. $**p=0,006$ IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad fina, LR Lenguaje receptivo, VM Coordinación visomotora

Los estadísticos descriptivos de los datos de prematuros y controles por edad se exponen en la Tabla 9.

TABLA 9. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA) DE LAS PUNTUACIONES DIRECTAS (PD) Y TÍPICAS (PT) DE LA ESCALA DE DESARROLLO MERRILL-PALMER REVISADA (MP-R) EN LA MUESTRA PREMATURA Y CONTROL SEGÚN SU GRUPO DE EDAD

	12		15		18		22	
	Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro	Control	Prematuro
	Media (Desv. tip.)							
MPR Índice General PD	42,14 (5,14)	32,65 (3,89)	45,25 (3,95)	42,24 (2,77)	44,41 (9,55)	49,50 (5,69)	59,40 (8,60)	56,60 (2,66)
MPR Índice General PT	107,14 (7,03)	98,70 (6,54)	103,63 (4,57)	102,41 (4,10)	86,53 (9,58)	96,14 (10,57)	87,27 (7,63)	96,80 (7,62)
MPR Cognición PD	33,07 (1,94)	25,45 (2,83)	33,13 (2,68)	32,29 (1,72)	32,71 (3,96)	34,29 (1,72)	37,00 (1,46)	35,40 (0,71)
MPR Cognición PT	111,79 (7,36)	97,20 (7,41)	105,50 (8,27)	106,12 (4,52)	89,24 (9,93)	96,93 (8,07)	86,67 (2,55)	89,47 (1,26)
MPR Motricidad Fina PD	9,14 (2,79)	7,40 (1,56)	11,13 (2,44)	10,18 (1,84)	10,06 (3,89)	13,29 (2,97)	15,47 (2,80)	15,73 (0,94)
MPR Motricidad Fina PT	97,50 (9,57)	101,20 (7,97)	97,94 (7,74)	97,12 (6,80)	86,00 (13,66)	98,07 (11,34)	92,67 (7,57)	97,33 (2,54)
MPR Lenguaje Receptivo PD	0,14 (0,53)	_*	0,69 (1,40)	0 (0)	1,41 (3,57)	2,50 (3,41)	7,47 (5,22)	5,73 (1,29)
MPR Lenguaje Receptivo PT	95,71 (2,97)	_*	97,56 (6,72)	94,41 (0,50)	92,24 (8,54)	96,86 (12,19)	92,53 (9,99)	95,27 (2,22)

MPR Coordinación visomotora PD	10,71 (4,34)	6,70 (2,08)	22,38 (37,58)	11,18 (1,87)	11,71 (5,30)	15,36 (2,43)	16,27 (2,78)	17,20 (0,93)
MPR Coordinación visomotora PT	102,14 (11,83)	94,95 (6,58)	102,19 (7,43)	99,35 (4,66)	83,59 (13,82)	96,36 (10,01)	83,93 (6,75)	91,00 (2,14)

** No se disponen de datos para las medidas de Lenguaje Receptivo en niños prematuros de 12 meses debido a la adaptación por edad corregida. Así pues, era necesario comenzar en el nivel (0,5 de la escala) en el cual no existen ítems que puntúen para dichas variables.*

4.1.2.3. Comparación entre niños de desarrollo típico y prematuros en la conducta registrada durante la sesión y estilo temperamental

En último lugar, se compararon las variables de comportamiento que ha mostrado el niño durante la sesión de evaluación (Irritado, Atento y Temeroso para niños de 12 y 15 meses; Organizado, Activo y Enfadado para niños de 18 y 22 meses), así como el estilo temperamental reportado por los padres (Fácil, Difícil, Temeroso – este último solo para niños de 18 y 22 meses –). Así, encontramos diferencias significativas entre controles y prematuros en la conducta Irritada a los 15 meses ($U=78$; $p=0,030$; $r=0,376$) y en la conducta Activa tanto a los 18 ($U=68$; $p=0,022$; $r=0,410$) como a los 22 ($U=57$; $p=0,014$; $r=0,383$). En todos los casos anteriores los niños prematuros obtienen mayores puntuaciones que los controles. No se obtienen, sin embargo, diferencias significativas a los 12 meses y a ninguna de las edades en las medidas de temperamento. Los estadísticos descriptivos de estas medidas de conducta y temperamento se muestran en las Tablas 10 y 11.

TABLA 10. DESCRIPTIVOS DE LAS PUNTUACIONES DIRECTAS (PD) Y TÍPICAS (PT) DE LAS VARIABLES DE CONDUCTA DURANTE LA SESIÓN (C IRRITADO, C ATENTO Y C TEMEROSO) Y DE ESTILO DE TEMPERAMENTO (T FÁCIL Y T DIFÍCIL) EN LA MUESTRA PREMATURA Y CONTROL A LOS 12 Y 15 MESES

	12		15	
	Control	Prematuro	Control	Prematuro
	Media (Desv. típ.)			
MPR C Irritado PD	3,06 (3,82)	1,05 (2,35)	1,69 (2,96)	2,76 (2,48)
MPR C Irritado PT	121,56 (31,89)	109,65 (25,20)	109,88 (26,67)	122,12 (24,56)
MPR C Atento PD	7,13 (2,39)	6,25 (2,09)	6,00 (2,53)	6,82 (1,97)
MPR C Atento PT	104,00 (19,12)	96,95 (16,80)	95,00 (20,23)	99,82 (18,90)
MPR C Temeroso PD	1,25 (3,71)	0,10 (0,30)	1,50 (3,40)	0,18 (0,39)
MPR C Temeroso PT	95,94 (17,34)	90,50 (1,53)	97,88 (18,10)	90,59 (1,66)
MPR T fácil PD	17,14 (3,11)	17,70 (1,83)	17,58 (3,11)	18,12 (2,57)
MPR T fácil PT	109,07 (10,63)	110 (6,08)	110,33 (10,31)	112 (8,58)
MPR T difícil PD	3,00 (2,18)	6,45 (7,77)	2,83 (1,52)	4,53 (3,65)
MPR T difícil PT	96,36 (12,72)	106,50 (20,75)	95,17 (8,95)	105,24 (21,47)

TABLA 11. DESCRIPTIVOS DE LAS PUNTUACIONES DIRECTAS (PD) Y TÍPICAS (PT) DE LAS VARIABLES DE CONDUCTA DURANTE LA SESIÓN (ORGANIZADO, ACTIVO Y DILIGENTE, Y ENFADADO Y POCO COLABORADOR) Y DE ESTILO DE TEMPERAMENTO (FÁCIL, TEMEROSO Y DIFÍCIL) A LOS 18 Y 22 MESES.

	18		22	
	Control	Prematuro	Control	Prematuro
	Media (Desv. típ.)			
MPR C Organizado PD	10,28 (4,05)	12,50 (5,44)	14,33 (5,34)	17,33 (1,59)
MPR C Organizado PT	93,33 (9,43)	90,29 (26,01)	102,53 (12,56)	109,67 (3,69)
MPR C Activo PD	8,89 (6,05)	13,36 (2,89)	11,20 (4,26)	14,13 (0,35)
MPR C Activo PT	93,61 (24,03)	113,57 (7,93)	101,73 (16,64)	114,53 (1,40)
MPR C Enfadado PD	3,00 (4,18)	2,71 (2,40)	1,20 (1,52)	1,60 (0,45)
MPR C Enfadado PT	110,67 (27,95)	114,36 (17,63)	104,00 (14,04)	107,73 (4,21)
MPR T fácil PD	23,73 (7,07)	20,93 (7,85)	27,50 (8,55)	23,53 (2,22)
MPR T fácil PT	93,67 (11,02)	89,36 (12,14)	99,67 (13,33)	93,47 (3,43)
MPR T temeroso PD	2,80 (2,65)	2,64 (2,24)	4,08 (3,98)	4,13 (0,71)
MPR T temeroso PT	96,00 (12,71)	95,36 (11,02)	102,33 (19,50)	102,73 (3,52)
MPR T difícil PD	4,80 (3,27)	4,21 (2,32)	6,92 (3,17)	4,53 (0,91)
MPR T difícil PT	103,00 (16,38)	100,07 (11,63)	113,50 (15,70)	101,60 (4,53)

4.1.3. Desarrollo de la memoria visoespacial en niños de desarrollo típico menores de dos años (Trabajo original III)

4.1.3.1. Comparación entre grupos de edad en las variables sociodemográficas

En primer lugar, no encontramos diferencias significativas entre los grupos de edad en las variables género, edad de la madre, edad del padre, nivel de estudios de la madre, nivel de estudios del

padre, enfermedades de la madre, enfermedades del padre, cantidad de hermanos, consumo de medicación y/o sustancias durante el embarazo, transcurso del parto, lactancia, horas de sueño total, la presencia de más de un idioma hablado en el hogar y la toma de medicación del niño ($p>0,05$).

4.1.3.2. Rendimiento en memoria visoespacial entre 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico

4.1.3.2.1. Rendimiento de los niños de desarrollo típico de 12, 15, 18 y 22 meses en la tarea de Bebé-Mnemo (BM)

Analizando los diferentes grupos de edad en las medidas de Bebé-mnemo, hemos encontrado diferencias significativas en las variables de BM Localización Total ($H_3=10,806$; $p=0,013$), BM Demora Segundos ($H_3=14,816$; $p=0,002$) y BM Actualización Total ($H_3=15,680$; $p=0,001$). El análisis de la variable BM Reconocimiento no revela resultados significativos ($p=0,056$). Los análisis post-hoc según Bonferroni (considerando un resultado significativo cuando $p<0,008$) han mostrado que las diferencias en BM Localización Total se encuentran entre los 12 y los 22 meses ($U=56$; $p=0,004$; $r=-0,519$), entre los 15 y los 22 meses ($U=58$; $p=0,005$; $r=-0,502$), y entre los 18 y los 22 meses ($U=67$; $p=0,005$; $r=-0,487$). De igual forma, en BM Demora Segundos las diferencias se observan entre los 12 y 22 meses ($U=30,500$; $p<0,001$; $r=-0,650$), los 15 y los 22 meses ($U=61$; $p=0,001$; $r=-0,515$) y los 18 y los 22 meses ($U=57,5$; $p=0,004$; $r=-0,499$). Estas mismas diferencias entre edades se repiten en BM Actualización total, hallando diferencias significativas entre los 12 y los 22 meses ($U=45,500$; $p=0,003$; $r=-0,537$), los 15 y los 22 meses ($U=58$; $p=0,005$; $r=-0,502$) y los 18 y los 22 meses ($U=46,500$; $p=0,001$; $r=-0,577$). En todas las comparaciones anteriores, las mejores puntuaciones fueron obtenidas por el grupo de 22 (Figura 18). Por otro lado, se analizaron las variables cualitativas mediante el estadístico de Chi cuadrado. Así, encontramos que no existen diferencias significativas entre los grupos de edad en las medidas BM Localización Bloque ($p=0,060$), BM Tolerancia Demora ($p=0,052$) y BM Actualización Bloque ($p=0,309$).

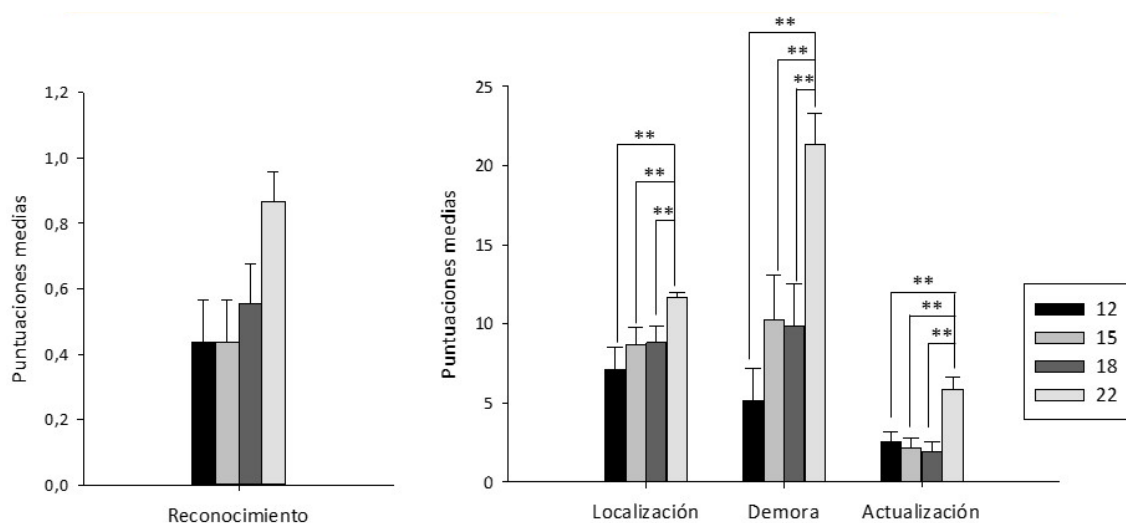


FIGURA 18. PUNTUACIONES MEDIAS EN LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO SEGÚN LOS GRUPOS DE EDAD EN LA MUESTRA DE DESARROLLO TÍPICO

. Se observaron diferencias significativas en las medidas de Localización, Demora y Actualización entre los 22 meses y el resto de los grupos de edad: 12, 15 y 18. $***p<0,01$.

Por otra parte, se procedió a comparar las variables cualitativas: BM Tolerancia Demora y BM Actualización Bloque, así como BM Tolerancia Demora y BM Actualización Primer Bloque. El objetivo de este análisis era tratar de verificar una posible tendencia a la perseveración en la fase de Actualización, es decir, si aquellos niños que sí toleraban algún tipo de demora, y por tanto, habían repetido mayor número de veces la misma conducta, presentaban luego más dificultades para ejecutar correctamente la fase de Actualización. Así, encontramos que las variables BM Tolerancia Demora y BM Actualización Bloque están significativamente relacionadas ($\chi^2_3=30,855$; $p<0,001$; $v=0,320$) (Tabla 12), así como lo están las variables BM Tolerancia Demora y BM Actualización Primer Bloque ($\chi^2_3=7,429$; $p=0,006$; $v=0,203$) (Tabla 13).

TABLA 12. TABLA DE CONTINGENCIAS DE LAS MEDIDAS DE BEBÉ-MNEMO TOLERANCIA DEMORA Y ACTUALIZACIÓN BLOQUE EN LA MUESTRA CONTROL

		BM Actualización Bloque				Total
		No actualiza	Tercer bloque	Segundo bloque	Primer bloque	
BM Tolerancia Demora	No	17	0	0	1	18
	Sí	9	3	15	20	47
Total		26	3	15	21	65

TABLA 13. TABLA DE CONTINGENCIAS DE LAS MEDIDAS DE BEBÉ-MNEMO TOLERANCIA DEMORA Y ACTUALIZACIÓN EN EL PRIMER BLOQUE EN LA MUESTRA CONTROL

		BM Actualización Primer Bloque		Total
		No	Sí	
BM Tolerancia Demora	No	17	1	18
	Sí	28	19	47
Total		45	20	65

4.1.3.2.2. Rendimiento en niños de 12, 15, 18 y 22 meses de desarrollo típico en la tarea Hide and Seek (HS)

En los diferentes grupos de edad, hemos encontrado diferencias significativas en HS Retención ($H_3=10,785$; $p=0,013$), HS Errores ($H_3=11,704$; $p=0,008$) y HS Aciertos ($H_3=11,704$; $p=0,008$). No se han encontrado diferencias significativas para la variable HS Actualización ($p=0,335$). En los análisis post-hoc según Bonferroni (considerando como significativos aquellos resultados con $p<0,008$), hallamos que estas diferencias se encuentran al comparar el grupo de 12 y 22 meses en las variables HS Retención ($U=44,500$; $p=0,002$; $r=0,558$), HS Errores ($U=41,500$; $p=0,002$; $r=0,560$) y HS Aciertos ($U=41,500$; $p=0,002$; $r=0,560$) (Figura 19).

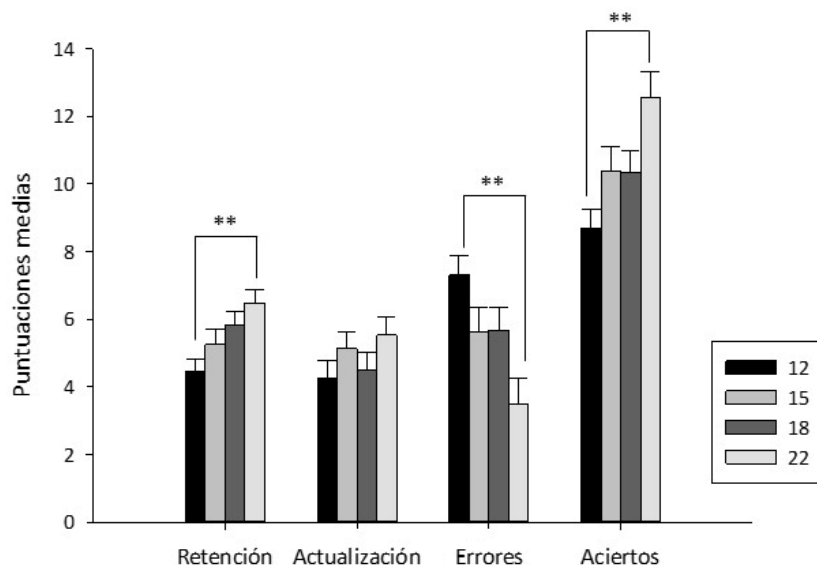


FIGURA 19. PUNTUACIONES MEDIAS DE HIDE AND SEEK SEGÚN LOS GRUPOS DE EDAD EN LA MUESTRA DE DESARROLLO TÍPICO

. Se han encontrado diferencias significativas en Retención, Aciertos y Errores entre los grupos de 12 y de 22 meses. $**p=0.002$

4.1.3.3. Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico

4.1.3.3.1. Relación entre las variables de *Bebé-Mnemo (BM)* a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico

En primer lugar, nos hemos propuesto analizar la relación existente entre las diferentes medidas que obtenemos de la tarea *Bebé-mnemo*, tanto para la muestra en su conjunto como para los diferentes grupos de edad.

Al analizar toda la muestra conjuntamente (Tabla 14), encontramos asociaciones estadísticamente significativas entre las medidas de *BM Reconocimiento* con *BM Localización Total* ($r=0,366$; $p=0,003$), con *BM Demora Segundos* ($r=0,275$; $p=0,026$) y con *BM Actualización Total* ($r=0,361$; $p=0,003$). También encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre la medida *BM Localización Total* con *BM Demora Segundos* ($r=0,493$; $p<0,001$) y con *BM Actualización Total* ($r=0,564$; $p<0,001$). En último lugar, la medida *BM Demora Segundos* se relaciona significativamente con *BM Actualización Total* ($r=0,648$; $p<0,001$).

TABLA 14. RELACIÓN ENTRE LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO EN TODA LA MUESTRA DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,366**	,275*	,361**
	Sig. (bilateral)		,003	,026	,003
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,493**	,564**
	Sig. (bilateral)			,000	,000
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,648**
	Sig. (bilateral)				,000
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

A los 12 meses (Tabla 15), observamos que las correlaciones significativas se reducen a la medida de BM Localización Total con BM Demora Segundos ($r=0,504$; $p=0,046$), así como con BM Actualización Total ($r=0,782$; $p < 0,001$).

TABLA 15. RELACIÓN ENTRE LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO A LOS 12 MESES EN NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,238	-,192	-,154
	Sig. (bilateral)		,375	,477	,568
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,504*	,782**
	Sig. (bilateral)			,046	,000
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,313
	Sig. (bilateral)				,237
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

A los 15 meses (Tabla 16), encontramos una única relación significativa entre BM Demora Segundos y BM Actualización Total ($r=0,552$; $p=0,027$).

TABLA 16. RELACIÓN ENTRE LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO A LOS 15 MESES EN NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,308	,258	,410
	Sig. (bilateral)		,245	,334	,115
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,408	,485
	Sig. (bilateral)			,117	,057
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,552*
	Sig. (bilateral)				,027
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$

A los 18 meses (Tabla 17), se encuentra una asociación estadísticamente significativa entre BM Demora Segundos y BM Actualización Total ($r=0,704$; $p=0,001$).

TABLA 17. RELACIÓN ENTRE LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO A LOS 18 MESES EN NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,299	,073	,308
	Sig. (bilateral)		,228	,772	,213
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,428	,408
	Sig. (bilateral)			,076	,093
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,704**
	Sig. (bilateral)				,001
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

****p<0,01**

En último lugar, a los 22 meses (Tabla 18), encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre BM Reconocimiento y BM Localización Total ($r=0,647$; $p=0,009$), entre BM Localización Total y BM Actualización Total ($r=0,552$; $p=0,027$) y entre BM Demora Segundos y BM Actualización Total ($r=0,619$; $p=0,014$).

TABLA 18. RELACIÓN ENTRE LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO A LOS 22 MESES EN NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,647**	,466	,480
	Sig. (bilateral)		,009	,080	,070
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,404	,607*
	Sig. (bilateral)			,135	,016
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,619*
	Sig. (bilateral)				,014
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.1.3.3.2. *Relación entre las medidas de memoria visoespacial Bebé-mnemo (BM) con Hide and Seek (HS) y escala de desarrollo de Merrill-Palmer-R (MP-R) a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico*

En segundo lugar, nos hemos propuesto analizar las posibles asociaciones entre aquellas tareas relacionadas con la memoria visoespacial, Bebé-mnemo y Hide and Seek, así como entre nuestra tarea experimental Bebé-mnemo y las diferentes medidas de desarrollo cognitivo a través de la escala Merrill-Palmer R.

Las correlaciones obtenidas en toda la muestra se muestran en la Tabla 19. En primer lugar, y comenzando por las medidas de memoria, observamos que la variable BM Reconocimiento correlaciona significativamente con la medida HS Retención ($r=0,257$, $p=0,039$). En segundo lugar, la variable BM Localización Total se asocia también significativamente con la medida HS Retención ($r=0,291$, $p=0,019$). En tercer lugar, la variable BM Demora Segundos se relaciona significativamente con HS Retención ($r=0,348$, $p=0,004$) y con HS Aciertos ($r=0,268$, $p=0,031$), así como se asocia significativa y negativamente con HS Errores ($r=-0,268$, $p=0,031$). Por último, la medida BM Actualización Total correlaciona significativamente con HS Retención ($r=0,338$,

$p=0,006$), con HS Aciertos ($r=0,310$, $p=0,012$) y negativamente con HS Errores ($r=-0,310$, $p=0,012$). La medida de HS Actualización no se relacionó significativamente con ninguna de las variables de Bebé-mnemo.

Continuando ahora por las relaciones entre Bebé-mnemo y las distintas medidas de desarrollo cognitivo observamos, en primer lugar, que la fase BM Reconocimiento se relaciona significativamente con las variables Índice Cognitivo ($r=0,470$; $p<0,001$), Cognición ($r=0,410$; $p=0,001$), Motricidad Fina ($r=0,394$; $p=0,002$) y Lenguaje Receptivo ($r=0,456$; $p<0,001$). Por su parte, la variable BM Localización Total correlaciona de manera significativa con las medidas Índice Cognitivo ($r=0,384$; $p=0,002$), Cognición ($r=0,334$; $p=0,008$), Motricidad Fina ($r=0,332$; $p=0,008$) y Lenguaje Receptivo ($r=0,338$; $p=0,007$). La variable BM Demora Segundos se asocia significativamente con las medidas Índice Cognitivo ($r=0,522$; $p<0,001$), Cognición ($r=0,417$; $p=0,001$), Motricidad Fina ($r=0,477$; $p<0,001$), Lenguaje Receptivo ($r=0,515$; $p<0,001$) y Coordinación Visomotora ($r=0,264$, $p=0,038$). Por último, la medida de BM Actualización correlaciona positivamente y de forma directa con las variables Índice Cognitivo ($r=0,691$; $p<0,001$), Cognición ($r=0,548$; $p<0,001$), Motricidad Fina ($r=0,625$; $p=0,002$) y Lenguaje Receptivo ($r=0,632$; $p<0,001$).

Al analizar por separado el grupo de 12 meses (Tabla 20), encontramos en primer lugar que la medida BM Demora Segundos se asocia significativamente con la variable HS Retención ($r=0,513$; $p=0,042$). En cuanto a la relación con las medidas de desarrollo, observamos que la medida BM Localización Total correlaciona significativamente con la variable Índice Cognitivo ($r=0,593$; $p=0,025$) y con Cognición ($r=0,586$; $p=0,028$). BM Reconocimiento y BM Actualización total no se asocian significativamente con ninguna variable.

A los 15 meses de edad (Tabla 21), no se encuentran correlaciones significativas entre la ejecución en las tareas de la prueba Bebé-mnemo con las medidas de Hide and Seek y Merrill-Palmer R.

A los 18 meses (Tabla 22), se encuentra que la variable BM Demora Segundos se asocia significativamente con la medida HS Actualiza ($r=0,486$; $p=0,041$). Por su parte, la variable BM Actualización Total correlaciona significativamente con Índice cognitivo ($r=0,714$; $p=0,001$), así como con Motricidad Fina ($r=0,560$; $p=0,019$) y Lenguaje Receptivo ($r=0,689$; $p=0,002$). BM Reconocimiento y BM Localización total no correlacionan de manera significativa con ninguna de las variables.

A los 22 meses (Tabla 23), encontramos, en primer lugar, con respecto a la tarea Hide and Seek, que la medida BM Reconocimiento correlaciona significativamente con la variable HS Errores ($r=-0,538$; $p=0,039$), de forma negativa, así como con la variable HS Aciertos ($r=0,538$; $p=0,039$), de manera positiva. En el caso de la medida BM Demora Segundos, esta se asocia significativamente con HS Errores ($r=-0,577$; $p=0,024$) de manera inversa y HS Aciertos ($r=0,577$; $p=0,024$) de manera directa. Por último, la medida BM Actualización Total correlaciona significativa y negativamente con HS Errores ($r=-0,651$; $p=0,009$) y significativa y positivamente con HS Aciertos ($r=0,651$; $p=0,009$). Por otro lado, analizando ahora la relación con las medidas de desarrollo, observamos, en primer lugar, que la medida BM Demora se asocia de manera significativa con el Índice General ($r=0,530$; $p=0,042$) y el Lenguaje Receptivo ($r=0,541$; $p=0,037$). En segundo lugar, la medida BM Actualización Total correlaciona de forma significativa con el Índice General ($r=0,658$; $p=0,008$), la Motricidad Fina ($r=0,653$; $p=0,008$) y el Lenguaje Receptivo ($r=0,600$; $p=0,018$).

TABLA 19. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA TODA LA MUESTRA DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,257*	,291*	,348**	,338**
	Sig. (bilateral)	,039	,019	,004	,006
HS Actualización	Correlación de Spearman	,063	,041	-,005	,099
	Sig. (bilateral)	,617	,748	,968	,434
HS Errores	Correlación de Spearman	-,232	-,229	-,268*	-,310*
	Sig. (bilateral)	,063	,067	,031	,012
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,232	,229	,268*	,310*
	Sig. (bilateral)	,063	,067	,031	,012
MPR IG	Correlación de Spearman	,470**	,384**	,522**	,691**
	Sig. (bilateral)	,000	,002	,000	,000
MPR C	Correlación de Spearman	,410**	,334**	,417**	,548**
	Sig. (bilateral)	,001	,008	,001	,000
MPR MF	Correlación de Spearman	,394**	,332**	,477**	,625**
	Sig. (bilateral)	,002	,008	,000	,000
MPR LR	Correlación de Spearman	,456**	,338**	,515**	,632**
	Sig. (bilateral)	,000	,007	,000	,000
MPR VM	Correlación de Spearman	,186	,131	,264*	,198
	Sig. (bilateral)	,147	,310	,038	,122

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. *
p<0,05; **p<0,01

TABLA 20. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 12 MESES DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	-,342	,203	,513*	,279
	Sig. (bilateral)	,195	,450	,042	,295
HS Actualización	Correlación de Spearman	,139	-,048	-,495	-,067
	Sig. (bilateral)	,609	,859	,051	,806
HS Errores	Correlación de Spearman	,102	-,092	,109	-,127
	Sig. (bilateral)	,706	,734	,688	,641
HS Aciertos	Correlación de Spearman	-,102	,092	-,109	,127
	Sig. (bilateral)	,706	,734	,688	,641
MPR IG	Correlación de Spearman	,249	,593*	,154	,450
	Sig. (bilateral)	,390	,025	,600	,107
MPR C	Correlación de Spearman	,211	,586*	,218	,360
	Sig. (bilateral)	,470	,028	,454	,206
MPR MF	Correlación de Spearman	,126	,458	,106	,397
	Sig. (bilateral)	,667	,100	,719	,160
MPR LR	Correlación de Spearman	,372	,215	-,201	,245
	Sig. (bilateral)	,190	,460	,491	,398
MPR VM	Correlación de Spearman	,194	,487	-,069	,479
	Sig. (bilateral)	,507	,077	,815	,083

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$

TABLA 21. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 15 MESES DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,370	,011	-,055	,119
	Sig. (bilateral)	,158	,969	,840	,660
HS Actualización	Correlación de Spearman	-,191	-,240	-,008	,155
	Sig. (bilateral)	,479	,371	,978	,567
HS Errores	Correlación de Spearman	-,105	,154	,039	-,178
	Sig. (bilateral)	,699	,570	,885	,510
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,105	-,154	-,039	,178
	Sig. (bilateral)	,699	,570	,885	,510
MPR IG	Correlación de Spearman	,304	-,026	,233	,356
	Sig. (bilateral)	,252	,923	,386	,176
MPR C	Correlación de Spearman	,346	,333	,469	,393
	Sig. (bilateral)	,189	,207	,067	,132
MPR MF	Correlación de Spearman	,219	-,300	,222	,378
	Sig. (bilateral)	,414	,259	,408	,149
MPR LR	Correlación de Spearman	,389	,248	-,029	,141
	Sig. (bilateral)	,136	,354	,916	,603
MPR VM	Correlación de Spearman	,309	,145	,481	,334
	Sig. (bilateral)	,244	,592	,059	,206

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora.

TABLA 22. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 18 MESES DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,311	,316	,293	,137
	Sig. (bilateral)	,208	,202	,238	,587
HS Actualización	Correlación de Spearman	-,206	,044	,486*	-,437
	Sig. (bilateral)	,411	,862	,041	,070
HS Errores	Correlación de Spearman	-,027	-,229	,206	,263
	Sig. (bilateral)	,914	,361	,413	,291
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,027	,229	-,206	-,263
	Sig. (bilateral)	,914	,361	,413	,291
MPR IG	Correlación de Spearman	,398	,231	,266	,714**
	Sig. (bilateral)	,114	,373	,303	,001
MPR C	Correlación de Spearman	,326	-,019	,048	,433
	Sig. (bilateral)	,201	,943	,854	,082
MPR MF	Correlación de Spearman	,233	,263	,300	,560*
	Sig. (bilateral)	,368	,308	,242	,019
MPR LR	Correlación de Spearman	,384	,301	,308	,689**
	Sig. (bilateral)	,128	,240	,230	,002
MPR VM	Correlación de Spearman	,221	,199	,154	,482
	Sig. (bilateral)	,394	,444	,555	,050

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 23 CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 22 MESES DE NIÑOS DE DESARROLLO TÍPICO

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,246	,399	,218	,579*
	Sig. (bilateral)	,377	,141	,434	,024
HS Actualización	Correlación de Spearman	,498	,352	,475	,498
	Sig. (bilateral)	,059	,198	,074	,059
HS Errores	Correlación de Spearman	-,538*	-,508	-,577*	-,651**
	Sig. (bilateral)	,039	,053	,024	,009
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,538*	,508	,577*	,651**
	Sig. (bilateral)	,039	,053	,024	,009
MPR IG	Correlación de Spearman	,373	,333	,530*	,658**
	Sig. (bilateral)	,171	,225	,042	,008
MPR C	Correlación de Spearman	,139	,187	,496	,377
	Sig. (bilateral)	,622	,506	,060	,166
MPR MF	Correlación de Spearman	,430	,349	,406	,653**
	Sig. (bilateral)	,109	,202	,133	,008
MPR LR	Correlación de Spearman	,386	,331	,541*	,600*
	Sig. (bilateral)	,155	,228	,037	,018
MPR VM	Correlación de Spearman	,112	,228	,368	,418
	Sig. (bilateral)	,692	,413	,177	,121

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.1.3.4. Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo, conducta y temperamento a los 12, 15, 18 y 22 meses en niños de desarrollo típico

A continuación, se examinaron las posibles relaciones entre los resultados alcanzados en la tarea Bebé-mnemo con la presencia de determinadas conductas que aparecieron durante la sesión de evaluación, así como el estilo temperamental predominante del niño.

En esta ocasión, dado que los cuestionarios de conducta y temperamento ofrecen medidas distintas para los niños según su edad, se ha procedido a realizar el análisis separado para cada grupo de edad, y no para la muestra en su conjunto, empleando el análisis de correlación de Spearman.

Analizando las correlaciones halladas en el grupo de 12 meses (Tabla 24), encontramos asociaciones estadísticamente significativas y negativas entre la medida BM Localización Total y la conducta irritada ($r=-0,714$; $p<0,001$). BM Localización Total también se relaciona significativamente con la conducta atenta ($r=0,784$; $p<0,001$). Por su parte, la medida BM Actualización Total correlaciona negativa y significativamente con la conducta irritada ($r=-0,786$; $p<0,001$), y con el temperamento difícil ($r=-0,550$; $p=0,042$), mientras que se asocia significativamente con la conducta atenta ($r=0,697$; $p=0,003$).

En el caso del grupo de 15 meses de edad, no se han hallado correlaciones estadísticamente significativas (Tabla 25).

A los 18 meses (Tabla 26), observamos correlaciones estadísticamente significativas en sentido inverso entre la medida BM Demora Segundos y la conducta enfadada y poco colaboradora ($r=-0,502$; $p=0,034$). En la variable BM Actualización Total, se obtienen correlaciones estadísticamente significativas con la conducta organizada ($r=-0,517$; $p=0,028$) y la conducta activa y diligente ($r=-0,705$; $p=0,001$).

En el análisis de los 22 meses (Tabla 27), encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre la medida BM Reconocimiento y la conducta organizada ($r=-0,519$; $p=0,047$), mientras que la variable BM Demora Segundos correlaciona negativa y significativamente con el temperamento difícil ($r=-0,585$; $p=0,046$).

TABLA 24. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) PARA EL GRUPO A TÉRMINO DE 12 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Irritado	Correlación de Spearman	-,185	-,714**	-,496	-,786**
	Sig. (bilateral)	,492	,000	,051	,000
MPR C Atento	Correlación de Spearman	,224	,784**	,373	,697**
	Sig. (bilateral)	,403	,000	,155	,003
MPR C Temeroso	Correlación de Spearman	-,271	-,417	-,206	-,328
	Sig. (bilateral)	,309	,109	,444	,215
MPR T Fácil	Correlación de Spearman	-,135	,407	-,079	,494
	Sig. (bilateral)	,645	,149	,789	,073
MPR T Difícil	Correlación de Spearman	,213	-,505	-,115	-,550*
	Sig. (bilateral)	,466	,066	,696	,042

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 25. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) PARA EL GRUPO A TÉRMINO DE 15 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Irritado	Correlación de Spearman	-,256	,081	,416	-,029
	Sig. (bilateral)	,340	,766	,109	,914
MPR C Atento	Correlación de Spearman	,309	-,012	-,108	,184
	Sig. (bilateral)	,245	,964	,690	,495
MPR C Temeroso	Correlación de Spearman	,172	,193	,492	,175
	Sig. (bilateral)	,524	,473	,053	,518
MPR T Fácil	Correlación de Spearman	-,448	-,183	-,126	,132
	Sig. (bilateral)	,144	,568	,697	,682
MPR T Difícil	Correlación de Spearman	,327	-,087	,145	-,278
	Sig. (bilateral)	,299	,787	,654	,382

TABLA 26. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) PARA EL GRUPO A TÉRMINO DE 18 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Organizado	Correlación de Spearman	,091	,155	,131	,517*
	Sig. (bilateral)	,718	,540	,604	,028
MPR C Activo	Correlación de Spearman	,439	,374	,415	,705**
	Sig. (bilateral)	,068	,127	,087	,001
MPR C Enfadado	Correlación de Spearman	,082	-,163	-,502*	-,450
	Sig. (bilateral)	,745	,519	,034	,061
MPR T Fácil	Correlación de Spearman	,237	-,123	-,247	-,361
	Sig. (bilateral)	,395	,661	,376	,186
MPR T Temeroso	Correlación de Spearman	-,021	,323	,085	-,126
	Sig. (bilateral)	,941	,241	,762	,655
MPR T Difícil	Correlación de Spearman	-,017	,459	,106	,267
	Sig. (bilateral)	,952	,085	,708	,337

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 27. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) PARA EL GRUPO A TÉRMINO DE 22 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Organizado	Correlación de Spearman	,519*	,481	,174	,318
	Sig. (bilateral)	,047	,069	,534	,249
MPR C Activo	Correlación de Spearman	,257	,272	,095	,367
	Sig. (bilateral)	,355	,326	,735	,179
MPR C Enfadado	Correlación de Spearman	-,214	-,449	-,129	-,224
	Sig. (bilateral)	,445	,093	,646	,422
MPR T Fácil	Correlación de Spearman	-,166	-,239	-,111	-,082
	Sig. (bilateral)	,607	,454	,730	,801
MPR T Temeroso	Correlación de Spearman	,007	,086	,057	-,265
	Sig. (bilateral)	,984	,791	,860	,404
MPR T Difícil	Correlación de Spearman	,091	-,405	-,585*	,300
	Sig. (bilateral)	,779	,192	,046	,343

* $p < 0,05$

4.1.4. Desarrollo de la memoria visoespacial en niños prematuros menores de dos años (Trabajo Original II)

4.1.4.1. Rendimiento en memoria visoespacial en niños prematuros seguidos a los 12, 15, 18 y 22 meses

4.1.4.1.1. Rendimiento en niños prematuros en *Bebé-mnemo* (BM) comparados a los 12, 15, 18 y 22 meses

En primer lugar, se procedió a analizar el rendimiento de los niños prematuros en las medidas cuantitativas de *Bebé-mnemo* (Reconocimiento, Localización total, Demora segundos y Actualización total) en las cuatro edades registradas de manera longitudinal. Hemos encontrado diferencias significativas entre las edades en las variables BM Localización total ($\chi^2_3=8,289$; $p=0,040$) y BM Demora segundos ($\chi^2_3=12,475$; $p=0,006$). Las medidas BM Reconocimiento y BM Actualización total no muestran diferencias estadísticamente significativas ($p=0,098$ y $p=0,277$; respectivamente). En las comparaciones dos a dos mediante el estadístico de Wilcoxon corregido por Bonferroni (considerando como significativos aquellos resultados cuya $p < 0,008$), encontramos únicamente diferencias significativas entre la variable BM Demora entre los 12 y 22 meses ($p=0,004$; $r=0,531$) y entre los 15 y los 22 meses ($p=0,003$; $r=0,545$), mientras que las diferencias en BM Localización no superan el criterio de significación ($p > 0,008$) (Figura 20). En ambas comparaciones los niños prematuros eran capaces de tolerar demoras significativamente superiores a los 22 (ver Tabla 7, Resultados, apartado 1.2.1., donde se muestran los resultados descriptivos de *Bebé-mnemo*).

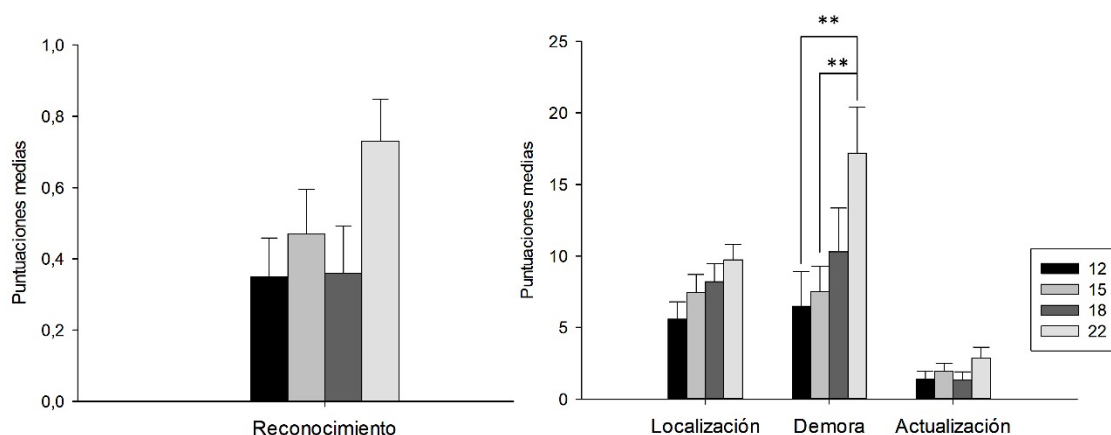


FIGURA 20. PUNTUACIONES MEDIAS EN LAS FASES DE BEBÉ-MNEMO SEGÚN LOS GRUPOS DE EDAD EN LA MUESTRA PREMATURA

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las medidas de Demora entre los 22 meses y los 12 y 15 meses. $**p < 0,01$.

Por otro lado, en el análisis de las variables cualitativas de *Bebé-mnemo* (Bloque de aprendizaje, Tolerancia Demora, Actualización Bloque, y Actualización Primer Bloque), no hallamos diferencias significativas de acuerdo con las medidas de edad ($p > 0,05$).

Por otra parte, se procedió a comparar toda la muestra prematura en las variables cualitativas: BM Tolerancia Demora y BM Actualización Bloque, así como BM Tolerancia Demora y BM Actualización Primer Bloque. Así, encontramos que las variables BM Tolerancia Demora y BM Actualización Bloque están significativamente relacionadas ($\chi^2_3=56,418$; $p<0,001$; $v=0,433$) (Tabla 28), así como lo están las variables BM Tolerancia Demora y BM Actualización Primer Bloque ($\chi^2_3=7,608$; $p=0,006$; $v=0,205$) (Tabla 29).

TABLA 28. TABLA DE CONTINGENCIAS DE LAS MEDIDAS DE BEBÉ-MNEMO TOLERANCIA DEMORA Y ACTUALIZACIÓN BLOQUE EN LA MUESTRA PREMATURA

		BM Actualización Bloque				Total
		No actualiza	Tercer bloque	Segundo bloque	Primer bloque	
BM Tolerancia Demora	No	19	0	3	1	23
	Si	0	1	2	40	43
Total		19	1	5	41	66

TABLA 29. TABLA DE CONTINGENCIAS DE LAS MEDIDAS DE BEBÉ-MNEMO TOLERANCIA DEMORA Y ACTUALIZACIÓN EN EL PRIMER BLOQUE EN LA MUESTRA PREMATURA

		BM Actualización Primer Bloque		Total
		No	Si	
BM Tolerancia Demora	No	22	1	23
	Si	28	15	43
Total		50	16	66

4.1.4.1.2. Rendimiento de los niños prematuros en Hide and Seek (HS) comparados a los 12, 15, 18 y 22 meses

En la tarea Hide and Seek según las distintas medidas de edad, hemos encontrado diferencias significativas en HS Retención ($\chi^2_3=13,455$; $p=0,004$), HS Actualización ($\chi^2_3=10,488$; $p=0,015$), HS Errores ($\chi^2_3=24,840$; $p<0,001$) y HS Aciertos ($\chi^2_3=20,056$; $p<0,001$). En los análisis post-hoc según Bonferroni (considerando como significativos aquellos resultados con $p<0,008$), hallamos que estas diferencias se dan en la variable Retención para las medidas de 12 y 22 ($p=0,006$; $r=0,353$), en Actualización tanto para 12 y 18 ($p=0,007$; $r=0,345$) como para 12 y 22 ($p=0,003$; $r=0,382$), en Errores para la comparación entre 12 y 18 ($p=0,002$; $r=0,395$), así como entre 12 y 22 ($p=0,001$; $r=0,425$), y en Aciertos para las medidas de 12 y 18 ($p=0,005$; $r=0,360$) y para 12 y 22 ($p=0,001$; $r=0,410$) (Figura 21).

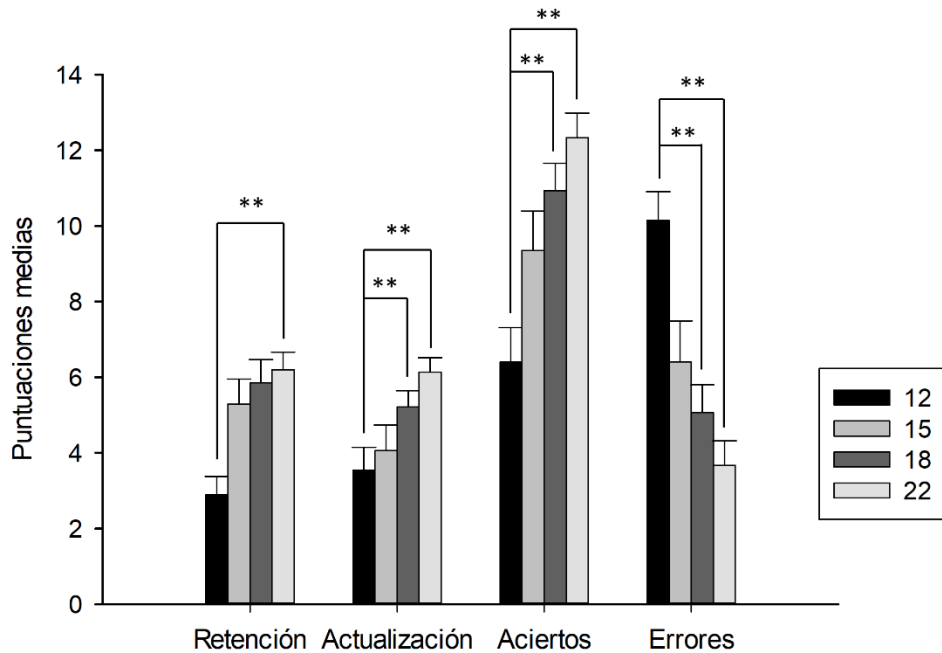


FIGURA 21. PUNTUACIONES MEDIAS DE HIDE AND SEEK SEGÚN LA EDAD EN LA MUESTRA PREMATURA
 . Se han encontrado diferencias significativas en Retención entre los 12 y 22 meses, así como en Actualización, Aciertos y Errores entre los 12 y 22 y entre los 12 y los 18. $**p < 0.01$

4.1.4.2. Relación entre la memoria visoespacial y otras medidas de desarrollo cognitivo en los niños prematuros seguidos a los 12, 15, 18 y 22 meses

4.1.4.2.1. Relación entre las variables de *Bebé-Mnemo (BM)* en niños prematuros

En primer lugar, nos hemos propuesto examinar las posibles relaciones entre las subtareas de *Bebé-mnemo* en la muestra prematura tomada conjuntamente.

Así, al analizar la muestra prematura conjuntamente (Tabla 30), encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre las medidas de *BM Reconocimiento* con *BM Demora segundos* ($r=0,337$; $p=0,006$), así como con *BM Actualización total* ($r=0,276$; $p=0,042$). También, encontramos asociaciones estadísticamente significativas entre la medida *BM Localización Total* con *BM Demora Segundos* ($r=0,623$; $p < 0,001$) y *BM Actualización Total* ($r=0,532$; $p < 0,001$). En último lugar, la medida *BM Demora Segundos* se relaciona significativamente con *BM Actualización Total* ($r=0,715$; $p < 0,001$).

Considerando cada medida de edad y comenzando por los 12 meses (Tabla 31), observamos asociaciones estadísticamente significativas entre *BM Reconocimiento* con *BM Demora segundos* ($r=0,465$; $p=0,039$). También encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre la medida *BM Localización Total* con *BM Demora Segundos* ($r=0,518$; $p=0,019$) y *BM Actualización Total* ($r=0,507$; $p=0,023$). Por último, *BM Demora Segundos* se relaciona significativamente con *BM Actualización Total* ($r=0,846$; $p < 0,001$).

A los 15 meses (Tabla 32), encontramos que BM Localización se relaciona significativamente con BM Demora segundos ($r=0,708$; $p=0,001$), con una magnitud elevada, y con BM Actualización total ($r=0,628$; $p=0,007$).

A los 18 meses (Tabla 33), hallamos que BM Reconocimiento correlaciona significativamente con BM Actualización total ($r=0,552$; $p=0,041$). Por su parte, BM Localización se asocia significativamente con BM Demora segundos ($r=0,543$; $p=0,045$), mientras que BM Demora segundos se relaciona significativamente con BM Actualización total ($r=0,754$; $p=0,002$).

Finalmente, a los 22 meses (Tabla 34), encontramos asociaciones estadísticamente significativas entre BM Reconocimiento y BM Demora segundos ($r=0,540$; $p=0,038$). También, hallamos relaciones significativas entre la medida BM Localización total con BM Demora segundos ($r=0,713$; $p=0,003$), así como con BM Actualización total ($r=0,523$; $p=0,045$). Por último, observamos que las medidas BM Demora segundos y BM Actualización total se asocian significativamente ($r=0,749$; $p=0,001$).

TABLA 30. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS BM EN TODA LA MUESTRA PREMATURA

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	1	,201	,337**	,326**
	Sig. (bilateral)		,105	,006	,008
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,623**	,532**
	Sig. (bilateral)			,000	,000
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,715**
	Sig. (bilateral)				,000
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

** $p<0,01$

TABLA 31. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS BM A LOS 12 MESES EN NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Recono- cimiento	Correlación de Spearman	1	,439	,465*	,324
	Sig. (bilateral)		,053	,039	,164
BM Loca- lización	Correlación de Spearman		1	,518*	,507*
	Sig. (bilateral)			,019	,023
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,846**
	Sig. (bilateral)				,000
BM Actuali- zación	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 32. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS DE BM A LOS 15 MESES EN NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Recono- cimiento	Correlación de Spearman	1	-,161	-,477	-,184
	Sig. (bilateral)		,537	,053	,480
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,708**	,628**
	Sig. (bilateral)			,001	,007
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,408
	Sig. (bilateral)				,104
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

** $p < 0,01$

TABLA 33. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS BM A LOS 18 MESES EN NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Recono- cimiento	Correlación de Spearman	1	,031	,333	,552*
	Sig. (bilateral)		,917	,245	,041
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,543*	,390
	Sig. (bilateral)			,045	,168
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,754**
	Sig. (bilateral)				,002
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 34. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS BM A LOS 22 MESES EN NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
BM Recono- cimiento	Correlación de Spearman	1	,182	,540*	,501
	Sig. (bilateral)		,517	,038	,057
BM Localización	Correlación de Spearman		1	,713**	,523*
	Sig. (bilateral)			,003	,045
BM Demora	Correlación de Spearman			1	,749**
	Sig. (bilateral)				,001
BM Actualización	Correlación de Spearman				1
	Sig. (bilateral)				

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.1.4.2.2. *Relación entre las medidas de memoria visoespacial Bebé-mnemo (BM) con Hide and Seek (HS) y escala de desarrollo de Merrill-Palmer-R (MP-R) en los niños prematuros*

A continuación, nos propusimos analizar las posibles relaciones entre las subtareas de Bebé-mnemo tanto con las medidas de Hide and Seek, como con la escala Merrill-Palmer R en toda la muestra prematura.

Comenzando por las variables de Hide and Seek (Tabla 35), encontramos que la medida BM Reconocimiento se asocia significativamente con HS Retención ($r=0,250$; $p=0,043$), con HS Errores ($r=-0,247$; $p=0,046$) y con HS Aciertos ($r=0,303$; $p=0,013$). En segundo lugar, la variable BM Localización Total se asocia, también, significativamente con la medida HS Retención ($r=0,283$; $p=0,021$), HS Actualización ($r=0,250$; $p=0,043$), HS Errores ($r=-0,339$; $p=0,005$) y HS Aciertos ($r=0,316$; $p=0,010$). Por su parte, la medida BM Demora segundos se relaciona significativamente con la medida HS Aciertos ($r=0,308$; $p=0,012$), mientras que BM Actualización no correlaciona significativamente con ninguna medida de Hide and Seek.

En cuanto a su relación con las medidas de desarrollo (Tabla 35), encontramos, en primer lugar, que la fase BM Reconocimiento se relaciona significativamente con todas las variables de la escala de desarrollo: Índice Cognitivo ($r=0,391$; $p=0,001$), Cognición ($r=0,335$; $p=0,006$), Motricidad fina ($r=0,330$; $p=0,007$), Lenguaje receptivo ($r=0,317$; $p=0,023$) y Coordinación visomotora ($r=0,338$; $p=0,006$). Por su parte, la medida BM Localización total se relaciona significativamente con el Índice Cognitivo ($r=0,357$; $p=0,003$), Cognición ($r=0,341$; $p=0,005$), Motricidad Fina ($r=0,370$; $p=0,002$) y Coordinación visomotora ($r=0,316$; $p=0,010$). Por otro lado, la medida BM Demora segundos se asocia significativamente con el Índice Cognitivo ($r=0,485$; $p<0,001$), Cognición ($r=0,399$; $p=0,001$), Motricidad Fina ($r=0,478$; $p<0,001$), Lenguaje Receptivo ($r=0,446$; $p=0,001$) y Coordinación visomotora ($r=0,396$; $p=0,001$). Por último, la medida BM Actualización total se relaciona significativamente con el Índice Cognitivo ($r=0,373$; $p=0,002$), Cognición ($r=0,313$; $p=0,011$), Motricidad Fina ($r=0,338$; $p=0,006$), Lenguaje Receptivo ($r=0,304$; $p=0,030$) y Coordinación visomotora ($r=0,280$; $p=0,023$).

Al analizar por separado el grupo de 12 meses (Tabla 36), encontramos que las tareas Hide and Seek y Bebé-mnemo no correlacionan significativamente entre ellas. Por otro lado, sí que hallamos asociaciones significativas con la escala de desarrollo Merrill-Palmer. En primer lugar, la variable BM Localización total se relaciona significativamente con el Índice general ($r=0,559$; $p=0,010$) y con la escala Cognitiva ($r=0,533$; $p=0,016$). Por su parte, la variable BM Demora segundos correlaciona también significativamente con el Índice cognitivo ($r=0,486$; $p=0,030$) y la escala Cognitiva ($r=0,465$; $p=0,039$). Por último, la variable BM Actualización total se relaciona significativamente con el Índice general ($r=0,580$; $p=0,007$) y la escala Cognitiva ($r=0,561$; $p=0,010$).

Al analizar el grupo de 15 meses (Tabla 37), observamos que la variable BM Demora segundos correlaciona significativamente con los aciertos en Hide and Seek ($r=0,506$; $p=0,038$). En cuanto a la escala de desarrollo Merrill-Palmer, encontramos, en primer lugar, que la variable BM Reconocimiento se asocia significativamente con el Índice cognitivo ($r=0,575$; $p=0,016$) y con la escala Coordinación visomotora ($r=0,620$; $p=0,008$). Por último, encontramos que la variable BM Demora segundos se asocia significativamente con la escala Cognitiva ($r=0,512$; $p=0,036$) y con la escala Coordinación visomotora ($r=0,484$; $p=0,049$).

En el grupo de 18 meses (Tabla 38), encontramos que la medida BM Localización total se asocia significativamente con la cantidad de Errores ($r=-0,634$; $p=0,015$) y Aciertos ($r=0,634$; $p=0,015$) en Hide and Seek, mientras que la medida BM Actualización total se relaciona también con los Errores ($r=-0,548$; $p=0,042$) y Aciertos ($r=0,548$; $p=0,042$) en Hide and Seek. Por otra parte, la medida BM Demora segundos se asocia significativamente con casi todas las medidas de la escala Merrill-Palmer: Índice cognitivo ($r=0,556$; $p=0,039$), escala Cognitiva ($r=0,752$; $p=0,002$), escala Motricidad fina ($r=0,537$; $p=0,048$) y Coordinación visomotora ($r=0,577$; $p=0,031$). Por último, la medida BM Actualización total se relaciona significativamente con la escala Cognitiva ($r=0,760$; $p=0,002$) y con la escala Coordinación visomotora ($r=0,612$; $p=0,020$).

Finalmente, a los 22 meses (Tabla 39), encontramos que la medida BM Reconocimiento está significativamente asociada con el Índice cognitivo ($r=0,581$; $p=0,023$), Cognición ($r=0,545$; $p=0,035$) y Lenguaje receptivo ($r=0,651$; $p=0,009$). Asimismo, la medida BM Actualización total se relaciona significativamente con el Lenguaje receptivo ($r=0,557$; $p=0,031$). No obstante, no encontramos ninguna relación significativa entre Bebé-mnemo y Hide and Seek a esta edad.

TABLA 35. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA LA MUESTRA PREMATURA EN TODAS LAS EDADES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,250*	,283*	,088	,098
	Sig. (bilateral)	,043	,021	,481	,432
HS Actualización	Correlación de Spearman	,121	,250*	,224	,182
	Sig. (bilateral)	,333	,043	,070	,144
HS Errores	Correlación de Spearman	-,247*	-,339**	-,239	-,137
	Sig. (bilateral)	,046	,005	,053	,274
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,303*	,316**	,308*	,206
	Sig. (bilateral)	,013	,010	,012	,096
MPR IG	Correlación de Spearman	,391**	,357**	,485**	,373**
	Sig. (bilateral)	,001	,003	,000	,002
MPR C	Correlación de Spearman	,335**	,341**	,399**	,313*
	Sig. (bilateral)	,006	,005	,001	,011
MPR MF	Correlación de Spearman	,330**	,370**	,478**	,338**
	Sig. (bilateral)	,007	,002	,000	,006
MPR LR	Correlación de Spearman	,317*	,197	,446**	,304*
	Sig. (bilateral)	,023	,167	,001	,030
MPR VM	Correlación de Spearman	,338**	,316**	,396**	,280*
	Sig. (bilateral)	,006	,010	,001	,023

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 36. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 12 MESES DE NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	-,115	,253	-,280	-,217
	Sig. (bilateral)	,629	,282	,232	,358
HS Actualización	Correlación de Spearman	-,034	,323	,096	,228
	Sig. (bilateral)	,886	,165	,686	,334
HS Errores	Correlación de Spearman	-,033	-,379	-,011	,109
	Sig. (bilateral)	,889	,100	,964	,646
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,217	,280	,328	,151
	Sig. (bilateral)	,357	,233	,158	,526
MPR IG	Correlación de Spearman	,316	,559*	,486*	,580**
	Sig. (bilateral)	,175	,010	,030	,007
MPR C	Correlación de Spearman	,222	,533*	,465*	,561*
	Sig. (bilateral)	,347	,016	,039	,010
MPR MF	Correlación de Spearman	,219	,215	,231	,277
	Sig. (bilateral)	,353	,364	,328	,236
MPR VM	Correlación de Spearman	,212	,235	,078	,078
	Sig. (bilateral)	,370	,319	,745	,743

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. *
p<0,05; **p<0,01

TABLA 37. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 15 MESES DE NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,295	-,091	-,323	,013
	Sig. (bilateral)	,250	,728	,206	,961
HS Actualización	Correlación de Spearman	,066	-,274	-,465	-,211
	Sig. (bilateral)	,800	,287	,060	,417
HS Errores	Correlación de Spearman	-,171	,244	,439	,171
	Sig. (bilateral)	,511	,346	,078	,512
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,230	-,235	,506*	-,128
	Sig. (bilateral)	,374	,363	,038	,624
MPR IG	Correlación de Spearman	,575*	-,035	-,376	,041
	Sig. (bilateral)	,016	,894	,137	,876
MPR C	Correlación de Spearman	,398	-,202	,512*	-,120
	Sig. (bilateral)	,114	,438	,036	,647
MPR MF	Correlación de Spearman	,434	,177	-,050	,206
	Sig. (bilateral)	,082	,498	,849	,428
MPR VM	Correlación de Spearman	,620**	-,146	,484*	,074
	Sig. (bilateral)	,008	,576	,049	,778

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * p<0,05; **p<0,01

TABLA 38. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 18 MESES DE NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,320	,399	,143	,278
	Sig. (bilateral)	,265	,157	,625	,335
HS Actualización	Correlación de Spearman	,088	,337	,494	,466
	Sig. (bilateral)	,764	,238	,073	,093
HS Errores	Correlación de Spearman	-,247	-,634*	-,465	-,548*
	Sig. (bilateral)	,395	,015	,094	,042
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,247	,634*	,465	,548*
	Sig. (bilateral)	,395	,015	,094	,042
MPR IG	Correlación de Spearman	,231	,319	,556*	,484
	Sig. (bilateral)	,427	,266	,039	,079
MPR C	Correlación de Spearman	,409	,211	,752**	,760**
	Sig. (bilateral)	,146	,470	,002	,002
MPR MF	Correlación de Spearman	,134	,349	,537*	,442
	Sig. (bilateral)	,648	,221	,048	,113
MPR LR	Correlación de Spearman	-,023	,287	,371	,084
	Sig. (bilateral)	,939	,320	,192	,776
MPR VM	Correlación de Spearman	,204	,290	,577*	,612*
	Sig. (bilateral)	,484	,315	,031	,020

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 39. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y ESCALA MERRILL-PALMER-R (MP-R) PARA EL GRUPO DE 22 MESES DE NIÑOS PREMATUROS

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
HS Retención	Correlación de Spearman	,326	,211	,236	,165
	Sig. (bilateral)	,236	,450	,397	,557
HS Actualización	Correlación de Spearman	,055	,510	,428	,294
	Sig. (bilateral)	,845	,052	,111	,288
HS Errores	Correlación de Spearman	-,268	-,456	-,425	-,294
	Sig. (bilateral)	,335	,087	,114	,287
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,268	,456	,425	,294
	Sig. (bilateral)	,335	,087	,114	,287
MPR IG	Correlación de Spearman	,581*	,069	,463	,512
	Sig. (bilateral)	,023	,806	,082	,051
MPR C	Correlación de Spearman	,545*	-,088	,338	,342
	Sig. (bilateral)	,035	,754	,218	,212
MPR MF	Correlación de Spearman	,337	,239	,470	,425
	Sig. (bilateral)	,219	,392	,077	,114
MPR LR	Correlación de Spearman	,651**	,033	,438	,557*
	Sig. (bilateral)	,009	,906	,103	,031
MPR VM	Correlación de Spearman	,378	,111	,427	,423
	Sig. (bilateral)	,164	,695	,112	,116

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.1.4.3. Relación entre la conducta y el temperamento con la memoria visoespacial en niños prematuros

A continuación, se examinaron las posibles asociaciones entre los resultados de la tarea Bebé-mnemo con la presencia de determinadas conductas que aparecieron durante la sesión de evaluación, así como el estilo de temperamento principal del niño.

En esta ocasión, dado que los cuestionarios de conducta y temperamento ofrecen medidas distintas para los niños según su edad, se ha procedido a realizar el análisis separado para cada grupo de edad, y no para la muestra en su conjunto.

Comenzando por la medida de 12 meses (Tabla 40), no encontramos asociaciones significativas entre la conducta y el temperamento con la ejecución de Bebé-mnemo.

TABLA 40. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) EN EL GRUPO DE PREMATUROS DE 12 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Irritado	Correlación de Spearman Sig. (bilateral)	-,252 ,285	-,013 ,958	-,202 ,393	-,234 ,321
MPR C Atento	Correlación de Spearman Sig. (bilateral)	,013 ,957	-,080 ,738	,115 ,628	,031 ,895
MPR C Temeroso	Correlación de Spearman Sig. (bilateral)	-,245 ,299	-,006 ,979	-,143 ,547	-,200 ,398
MPR T fácil	Correlación de Spearman Sig. (bilateral)	,123 ,606	,137 ,564	-,056 ,815	-,007 ,976
MPR T difícil	Correlación de Spearman Sig. (bilateral)	,219 ,353	,222 ,346	-,136 ,567	-,149 ,531

En el caso de los 15 meses de edad (Tabla 41), se han hallado correlaciones significativas con signo negativo entre las medidas de BM Localización y el temperamento Difícil ($r=-0,557$; $p=0,020$).

TABLA 41. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) EN EL GRUPO DE PREMATUROS DE 15 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Irritado	Correlación de Spearman	-,103	-,035	,224	-,143
	Sig. (bilateral)	,693	,894	,388	,585
MPR C Atento	Correlación de Spearman	,271	,213	,064	-,057
	Sig. (bilateral)	,292	,411	,807	,829
MPR C Temeroso	Correlación de Spearman	-,127	,237	,031	,012
	Sig. (bilateral)	,626	,360	,905	,963
MPR T fácil	Correlación de Spearman	,097	,005	,179	,241
	Sig. (bilateral)	,710	,985	,492	,351
MPR T difícil	Correlación de Spearman	-,141	-,557*	-,413	-,377
	Sig. (bilateral)	,590	,020	,100	,136

* $p < 0,05$

A los 18 meses (Tabla 42), observamos, en primer lugar, correlaciones estadísticamente significativas entre la medida BM Reconocimiento y la conducta Organizada ($r=0,724$; $p=0,003$). La medida BM Localización total, por su parte, se asocia significativamente con la conducta Enfadada ($r=-0,652$; $p=0,011$) y el temperamento Difícil ($r=-0,627$; $p=0,016$), ambas con dirección inversamente proporcional. Observamos también que la medida BM Demora segundos se relaciona significativa y negativamente con la conducta Enfadada ($r=-0,592$; $p=0,026$). Por último, la variable BM Actualización total se asocia significativamente con la conducta Organizada ($r=0,534$; $p=0,049$).

TABLA 42. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) EN EL GRUPO DE PREMATUROS DE 18 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Organizado	Correlación de Spearman	,724**	,337	,497	,534*
	Sig. (bilateral)	,003	,239	,070	,049
MPR C Activo	Correlación de Spearman	-,202	,124	,197	,003
	Sig. (bilateral)	,488	,672	,501	,992
MPR C Enfadado	Correlación de Spearman	-,295	-,652*	-,592*	-,358
	Sig. (bilateral)	,306	,011	,026	,209
MPR T fácil	Correlación de Spearman	,263	-,012	-,175	-,269
	Sig. (bilateral)	,364	,967	,550	,352
MPR T temeroso	Correlación de Spearman	,400	,118	-,122	-,173
	Sig. (bilateral)	,157	,688	,678	,553
MPR T difícil	Correlación de Spearman	-,071	-,627*	-,257	-,279
	Sig. (bilateral)	,809	,016	,374	,334

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Por último, a los 22 meses (Tabla 43), encontramos que la medida BM Reconocimiento se asocia significativa y negativamente con la conducta Enfadada ($r = -0,672$; $p = 0,006$), así como la medida BM Localización también se relaciona significativa y negativamente con la conducta Enfadada ($p = 0,637$; $p = 0,011$). Por su parte, BM Demora segundos correlaciona significativamente con la conducta Organizada ($r = 0,554$; $p = 0,032$), con la conducta Activa ($r = 0,629$; $p = 0,012$) y negativamente con la conducta Enfadada ($r = -0,696$; $p = 0,004$). Finalmente, la variable BM Actualización total también se asocia significativamente y en sentido negativo con la conducta Enfadada ($r = -0,780$; $p = 0,001$).

TABLA 43. CORRELACIONES ENTRE BEBÉ-MNEMO (BM) Y ESCALAS DE CONDUCTA (C) Y TEMPERAMENTO (T) EN EL GRUPO DE PREMATUROS DE 22 MESES

		BM Reconocimiento	BM Localización Total	BM Demora Segundos	BM Actualización Total
MPR C Organizado	Correlación de Spearman	,489	,181	,554*	,462
	Sig. (bilateral)	,064	,518	,032	,083
MPR C Activo	Correlación de Spearman	,292	,318	,629*	,666**
	Sig. (bilateral)	,292	,248	,012	,007
MPR C Enfadado	Correlación de Spearman	-,672**	-,637*	-,696**	-,780**
	Sig. (bilateral)	,006	,011	,004	,001
MPR T fácil	Correlación de Spearman	,346	,051	-,147	,040
	Sig. (bilateral)	,206	,856	,601	,889
MPR T temeroso	Correlación de Spearman	-,197	-,261	-,366	-,297
	Sig. (bilateral)	,482	,348	,179	,282
MPR T difícil	Correlación de Spearman	-,126	-,485	-,302	-,211
	Sig. (bilateral)	,654	,067	,273	,449

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.1.4.4. Relación entre los factores de riesgo perinatales, la memoria visoespacial y el desarrollo cognitivo generalizado en niños prematuros

En relación con las variables prenatales, en primer lugar, nos hemos planteado analizar si existe relación entre la edad gestacional y el peso al nacer en el rendimiento en Bebé-mnemo, Hide and Seek y las subescalas del test Merrill-Palmer R. Para estos análisis, se ha tomado en consideración a la muestra de 20 niños participantes a los 12 meses de edad. No obstante, ninguna correlación es estadísticamente significativa (Tabla 44).

Posteriormente, considerando la presencia o ausencia de cada una de las variables de riesgo perinatal, se han analizado los resultados en memoria visoespacial y cognición en la muestra prematura. De esta forma, para cada una de las comparaciones, la muestra prematura global ha sido clasificada y comparada de acuerdo con si presentaba cierta variable de riesgo o no.

En primer lugar, hemos observado diferencias estadísticamente significativas con relación a la variable Fecundación in vitro en las medidas de la escala de desarrollo Índice general ($U=38$; $p=0,021$; $r=0,284$), Cognición ($U=30,5$; $p=0,011$; $r=0,311$) y Coordinación visomotora ($U=42$; $p=0,027$; $r=0,272$), donde aquellos niños concebidos mediante esta técnica presentaban peores puntuaciones. Atendiendo a la variable Apneas, obtenemos diferencias significativas en las medidas de Hide and Seek Actualización ($U=232$; $p=0,036$; $r=0,258$) y Aciertos ($U=223$; $p=0,026$; $r=0,270$), así como a la medida Motricidad Fina de la escala de desarrollo ($U=232,5$; $p=0,038$; $r=0,255$), donde aquellos niños que presentaron apneas obtuvieron un rendimiento más bajo. Por su parte, la variable Hemorragia intraventricular muestra diferencias significativas en la medida Lenguaje receptivo de la escala de desarrollo ($U=100,5$; $p=0,015$; $r=0,298$), según la cual aquellos niños que presentaron hemorragia intraventricular grado I obtuvieron peores resultados que aquellos que no la tuvieron. El resto de las variables (parto múltiple, parto vaginal o cesárea, corticoides, antibioterapia materna, corioamnionitis, hipertensión materna, cirugías, intubación orotraqueal, presión positiva de las vías aéreas, surfactante, inotrópicos, enfermedad de la membrana hialina, ductus arterioso persistente, enterocolitis necrotizante, sepsis temprana o tardía y anemia transfundible) no mostraron diferencias significativas. Dado que la distribución en alguno de estos factores era bastante desigual, se proporcionan los porcentajes de cada una de las variables de riesgo perinatal en la Tabla 45.

TABLA 44. CORRELACIONES ENTRE PESO EN EL NACIMIENTO (GRAMOS) Y EDAD GESTACIONAL (SEMANAS) CON LAS MEDIDAS DE BEBÉ-MNEMO (BM), HIDE AND SEEK (HS) Y MERRILL-PALMER R (MPR) EN TODA LA MUESTRA PREMATURA

		Edad gestacional (semanas)	Peso al nacer (gramos)
BM Reconocimiento	Correlación de Spearman	,118	,217
	Sig. (bilateral)	,346	,080
BM Localización Total	Correlación de Spearman	-,139	-,107
	Sig. (bilateral)	,267	,392
BM Demora Segundos	Correlación de Spearman	,030	-,007
	Sig. (bilateral)	,809	,953
BM Actualización Total	Correlación de Spearman	-,112	-,136
	Sig. (bilateral)	,372	,276
HS Retención	Correlación de Spearman	-,099	-,102
	Sig. (bilateral)	,428	,413
HS Actualización	Correlación de Spearman	,173	,169
	Sig. (bilateral)	,164	,176
HS Errores	Correlación de Spearman	,003	-,015
	Sig. (bilateral)	,978	,908
HS Aciertos	Correlación de Spearman	,064	,049
	Sig. (bilateral)	,608	,697
MPR IG	Correlación de Spearman	,042	,042
	Sig. (bilateral)	,737	,739
MPR C	Correlación de Spearman	,132	,113
	Sig. (bilateral)	,292	,366
MPR MF	Correlación de Spearman	,088	,008
	Sig. (bilateral)	,485	,951
MPR LR	Correlación de Spearman	-,190	-,061
	Sig. (bilateral)	,182	,671
MPR VM	Correlación de Spearman	,128	,072
	Sig. (bilateral)	,307	,565

IG Índice general, C Cognición, MF Motricidad Fina, LR Lenguaje Receptivo, VM Coordinación Visomotora.

TABLA 45. FRECUENCIA (%) DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DE LAS VARIABLES PRENATALES, PERINATALES Y POSTNATALES TEMPRANAS EN LA MUESTRA PREMATURA

Parto múltiple		Surfactante	
Si	40%	Si	10%
No	60%	No	90%
Fecundación in vitro (FIV)		Enfermedad de la Membrana Hialina	
Si	10%	Si	10%
No	90%	No	90%
Tipo de parto		Enterocolitis necrotizante	
Vaginal	65%	Si	0%
Cesárea	35%	No	100%
Corticoides		Ductus arterioso persistente	
Si	75%	Si	0%
No	25%	No	100%
Antibióterapia materna		Anemia transfundible	
Si	65%	Si	0%
No	35%	No	100%
Corioamnionitis		Sepsis temprana	
Si	5%	Si	0%
No	95%	No	100%
Hipertensión arterial materna		Sepsis tardía	
Si	10%	Si	5%
No	90%	No	95%
Procedimiento quirúrgico		Apneas	
Si	0%	Si	30%
No	100%	No	70%
Intubación endotraqueal		Hemorragia intra-periventricular	
Si	0%	Si	25%
No	100%	Grado I	25%
CPAP		Grado II	0
Si	45%	Grado III	0
No	55%	Grado IV	0
Inotrópicos		No	75%
Si	0%	Leucomalacia periventricular	
No	100%	Si	0%
		No	100%

CPAP, Presión positiva de las vías aéreas

4.2. Orientación espacial egocéntrica y alocéntrica en población infantil a término y prematura

4.2.1. Descripción de la muestra a término y prematura de 5 a 7 años

4.2.1.1. Características de los niños a término y prematuros

En la Tabla 46 se muestran las principales características sociodemográficas de ambos grupos de niños. Algunas de las principales características de los niños controles se exponen en la Tabla 47. La edad media de las madres es de 41,09 ($\pm 4,22$), mientras que, de los padres, 43,08 ($\pm 5,29$). En la Tabla 48, se incluyen las variables neonatales y de desarrollo neurológico de la muestra de prematuros.

TABLA 46. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA EN FRECUENCIAS (%) SEGÚN EDAD, GÉNERO Y NIVEL DE EDUCACIÓN DE LA MADRE EN LOS GRUPOS PREMATURO Y CONTROL

	Prematuro (N=88)	Control (N=62)
	%	
	Género	
Niños	55,7%	50,8%
Niñas	44,3%	49,2%
	Edad	
5 años	34,1%	32,2%
6 años	33%	35,6%
7 años	33%	32,2%
	Nivel de educación materna	
Universitarios	47,1%	82%
Técnicos	29,9%	10%
Secundarios	14,9%	6%
Primarios	8%	2%
Analfabetismo	0%	0%

TABLA 47. FRECUENCIAS (%) DE LAS VARIABLES DESCRIPTIVAS Y SOCIODEMOGRÁFICAS DE LA MUESTRA CONTROL.

	Frecuencias (%)	
	Lateralidad	Diestro
Zurdo		7,5%
Ambidiestro		1,9%
Hermanos	Hijo/a único	37,7%
	Uno	49,1%
	Dos	9,4%
	Tres	0%
	Cuatro	3,8%
Posición con respecto a los hermanos	Primero	19,35%
	Segundo	25,8%
	Tercero	4,8%

TABLA 48. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA PREMATURA EN LAS DIFERENTES VARIABLES NEONATALES Y DE DESARROLLO NEUROLÓGICO

	Media (Desv. Tip.)	Mediana [Rango intercuartil]
Peso al nacer (gramos)	1150,43 (240,01)	1219,5 [932,5-1360]
Edad gestacional (semanas)	30,12 (2,83)	30 [27,85-32,32]
Test APGAR (1 minuto)	6,97 (2,20)	8 [6-9]
Test APGAR (5 minutos)	8,57 (1,50)	9 [8-10]
Estado de crecimiento intrauterino	N (%)	
Pequeño para su edad gestacional (<Percentil 10)	26 (29,54%)	
Adecuado para su edad gestacional	58 (65,90%)	
Grande para su edad gestacional (>Percentil 90)	4 (4,54%)	
Alteraciones del neurodesarrollo	N (%)	
Cualquier problema del desarrollo	17 (19,5%)	
Trastorno por déficit de atención e hiperactividad	3 (3,4%)	
Problemas de aprendizaje	2 (1,1%)	
Parálisis cerebral	5 (5,7%)	
Problemas conductuales	3 (3,4%)	
Trastorno del espectro autista	2 (2,3%)	
Alteraciones del lenguaje	10 (11,5%)	

4.2.2. Comparación de la muestra a término y prematura según variables sociodemográficas y de riesgo perinatal

En primer lugar, se procedió a comparar si existían diferencias significativas entre los grupos en alguna de las principales variables sociodemográficas, en este caso, el género de los niños participantes, su edad y el nivel educativo de la madre. Si bien no se hallaron diferencias significativas entre los grupos de acuerdo con el género o la edad ($p > 0,05$), sí los encontramos en el nivel de educación materna ($\chi^2_3 = -15,983$; $p = 0,001$; $r = 0,329$), donde las madres de los niños controles muestran en mayor proporción un nivel educativo más elevado. Por lo tanto, la variable Educación materna ha sido considerada en los posteriores análisis.

Por otro lado, del reclutamiento inicial de los 147 niños, 59 de ellos no respondieron o declinaron participar en la investigación. Por ello, procedimos también a examinar posibles diferencias entre los niños que finalmente participaron y los que no, ya que podrían existir determinadas características de riesgo perinatal en la muestra de no participantes que condicionasen su no colaboración en el estudio, dificultando la generalización de los resultados hallados en la muestra participante a todos los niños prematuros de muy bajo y extremadamente bajo peso. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas entre los participantes y no participantes de acuerdo con su peso al nacer, edad gestacional, tipo de parto, gestación múltiple, Apgar al minuto y a los 5 minutos, índice de CRIB, diagnósticos de patología al alta, presencia de hemorragia intra-periventricular, leucomalacia o patologías en el neurodesarrollo posterior ($p > 0,05$). Únicamente se observa que la pertenencia al grupo de participantes o no participantes se asocia significativamente con el tratamiento de fecundación in vitro ($\chi^2_1 = -5,326$; $p = 0,021$; $r = 0,190$), donde encontramos una mayor proporción de familias participantes que no recibieron dicho tratamiento (25,84% frente a 10,34%).

4.2.3. Comparación en rendimiento cognitivo general, habilidades visoespaciales y estrategias de orientación egocéntrica y aloécéntrica entre población infantil de desarrollo típico y prematuros de muy bajo peso al nacer (Trabajo original IV)

Se procedió a comparar ambos grupos, controles y prematuros, en las diferentes variables de carácter neuropsicológico, considerando su edad, género y covariando el nivel de educación materna. Encontramos las diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la variable Grupo en RIST ($F_{1,123} = 39,168$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,240$), en Descubrimiento de rutas ($F_{1,123} = 6,804$; $p = 0,010$; $\eta^2 = 0,052$), en Egocéntrica parte A ($F_{1,123} = 16,180$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,116$), en Egocéntrica parte B ($F_{1,123} = 7,182$; $p = 0,008$; $\eta^2 = 0,055$), en Aloécéntrica total ($F_{1,123} = 23,407$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,160$) y en sus diferentes bloques: bloque 1 ($F_{1,123} = 6,200$; $p = 0,014$; $\eta^2 = 0,048$), bloque 2 ($F_{1,123} = 20,026$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,140$) y bloque 3 ($F_{1,123} = 10,935$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,082$). Debido a la influencia que el

rendimiento en la parte A Egocéntrica puede tener sobre la parte B, se procedió a realizar covariar el rendimiento en la parte A. Así pues, observamos que de acuerdo a la variable Grupo, las diferencias anteriormente encontradas en la parte B dejan de ser significativas ($p=0,197$). Puzles geométricos no mostró diferencias significativas ($p=0,616$). En todas estas variables, las puntuaciones obtenidas fueron superiores para el grupo control que para el experimental (ver Figura 22 y 23).

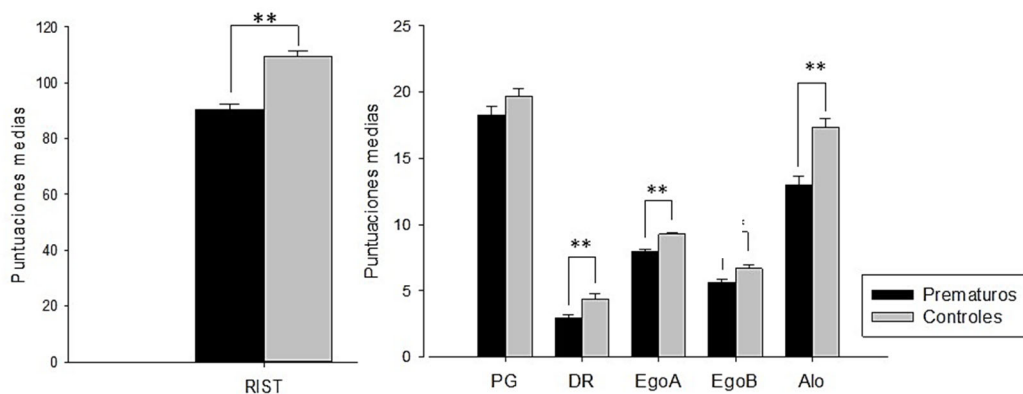


FIGURA 22. PUNTUACIONES MEDIAS EN COCIENTE INTELECTUAL, HABILIDADES VISUOESPACIALES Y ORIENTACIÓN ESPACIAL EN PREMATUROS Y CONTROLES

. Se observan diferencias estadísticamente significativas en RIST, DR, Ego A, Ego B y Alo, donde los controles obtienen mejores puntuaciones que los prematuros. PG Puzles geométricos. DR Descubrimiento de ruta

$p < 0,01$

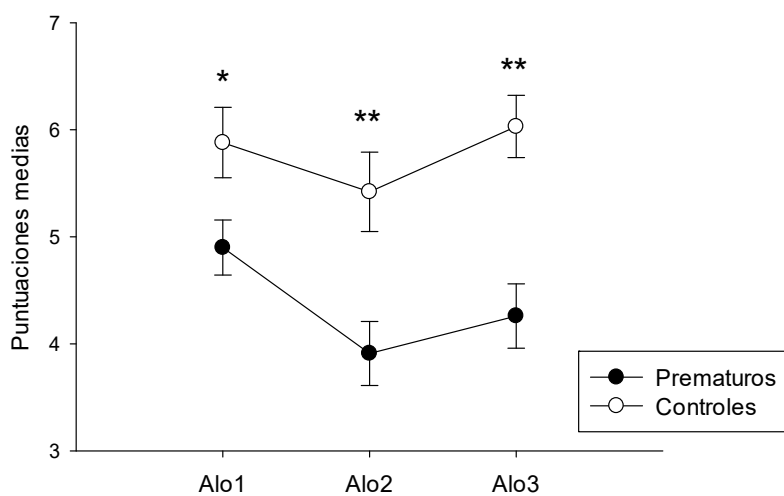


FIGURA 23. PUNTUACIONES MEDIAS EN LOS BLOQUES ALOCÉNTRICOS (1, 2 Y 3) EN PREMATUROS Y CONTROLES

Se hallan diferencias estadísticamente significativas en los bloques 1, 2 y 3 de la tarea Alocéntrica entre controles y prematuros, obteniendo los primeros mejor rendimiento. Alo Alocéntrica. $*p < 0,05$; $**p < 0,01$

Los estadísticos descriptivos del rendimiento neuropsicológico de los grupos prematuro y control se muestran en la Tabla 49, así como los porcentajes de respuestas correctas que presenta cada grupo en las tareas experimentales. En la Tabla 50 se muestra, además, el porcentaje de niños controles y prematuros que han obtenido puntuaciones por encima del azar en cada una de las tareas de orientación espacial. En este caso, se observa no solo que los niños controles superen significativamente a los prematuros en todas ellas, sino que su rendimiento se encuentra más frecuentemente por encima del azar (entre 71,18% y 100%) en comparación con los prematuros (entre 43,18% y 85,22%).

TABLA 49. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA) DE LAS MEDIDAS NEUROPSICOLÓGICAS EN LA MUESTRA PREMATURA

	Prematuros		Controles	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
RIST Índice	90,51	17,029	109,56	13,370
Puzles geométricos	18,27	5,783	19,72	4,030
Descubrimiento de rutas	2,94	2,556	4,38	2,883
Egocéntrica A	7,92	2,245	9,27	1,048
Egocéntrica B	5,61	2,351	6,71	2,150
Alocéntrica total	12,97	6,195	17,37	5,078
Alocéntrica bloque 1	4,90	2,407	5,88	2,526
Alocéntrica bloque 2	3,91	2,807	5,42	2,842
Alocéntrica bloque 3	4,16	2,828	6,03	2,236
	Porcentaje de respuestas correctas			
Egocéntrica A	79,20%	22,44%	92,71%	10,47%
Egocéntrica B	56,14%	23,51%	67,12%	21,50%
Alocéntrica total	51,99%	35,35%	74,23%	27,75%
Alocéntrica bloque 1	55,43%	25,58%	72,37%	21,16%
Alocéntrica bloque 2	60,76%	30,40%	73,72%	31,73%
Alocéntrica bloque 3	48,86%	35,08%	67,58%	35,36%

TABLA 50. PORCENTAJE DE NIÑOS CONTROLES Y PREMATUROS QUE PUNTÚAN POR ENCIMA Y POR DEBAJO DEL AZAR EN LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTE A Y B) Y ALOCÉNTRICA (TOTAL, BLOQUE 1, BLOQUE 2 Y BLOQUE 3).

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total	Alocéntrica Bloque 1	Alocéntrica Bloque 2	Alocéntrica Bloque 3
Controles	Por encima del azar	100%	71,18%	79,66%	79,66%	72,88%	83,05%
	Por debajo del azar	0%	28,82%	20,34%	20,34%	27,12%	16,95%
Prematuros	Por encima del azar	85,22%	53,40%	60,22%	60,22%	43,18%	55,68%
	Por debajo del azar	14,78%	46,60%	39,78%	39,78%	56,82%	44,32%

Según la variable Edad, encontramos diferencias significativas para los test Puzles geométricos ($F_{2,134}=45,648$; $p<0,001$; $\eta^2=0,426$), Descubrimiento de rutas ($F_{2,123}=7,851$; $p=0,001$; $\eta^2=0,113$), Egocéntrica parte B ($F_{2,123}=3,130$; $p=0,047$; $\eta^2=0,048$), Alocéntrica total ($F_{1,123}=5,925$; $p=0,003$; $\eta^2=0,088$), segundo bloque Alocéntrico ($F_{2,123}=4,507$; $p=0,013$; $\eta^2=0,063$) y tercer bloque Alocéntrico ($F_{2,123}=4,979$; $p=0,008$; $\eta^2=0,075$). En los análisis post-hoc de Tukey, encontramos que en Puzles geométricos estas diferencias se dan entre los 5 y 6 años ($p=0,033$), entre los 5 y los 7 años ($p<0,001$), así como entre los 6 y los 7 ($p<0,001$). En Descubrimiento de rutas, estas diferencias se encuentran también entre los 5 y 6 años ($p=0,049$), los 5 y los 7 años ($p<0,001$) y los 6 y los 7 años ($p=0,004$). En la parte B del test Egocéntrico estas diferencias se observan únicamente al comparar el grupo de 5 años con el de 7 ($p=0,003$). En la puntuación total de la tarea Alocéntrica, estas diferencias se hallan entre los 5 y los 6 años ($p=0,001$), así como entre los 5 y los 7 años ($p=0,001$). En el segundo bloque de la tarea Alocéntrica, de nuevo, las diferencias se observan entre los 5 y los 6 años ($p=0,042$), así como entre los 5 y los 7 ($p=0,003$). La misma situación se repite en el tercer bloque de la tarea Alocéntrica, hallándose las diferencias al comparar el grupo de 5 y 6 años ($p=0,007$), así como el de 5 con el de 7 ($p=0,029$). En todos estos casos, los grupos de mayor edad obtenían un mejor rendimiento que aquellos de menor edad.

Cabe mencionar que la única interacción significativa de Grupo x Edad se encontró en el bloque 1 Alocéntrico ($F_{2,123}=4,052$; $p=0,020$; $\eta^2=0,062$), observando, en este caso, en los análisis post-hoc que estas diferencias se encontraban al comparar el grupo de 5 con el de 6 años ($p=0,022$), obteniendo un mejor rendimiento los niños de 6 años. En ninguna de las comparaciones anteriores resultaron estadísticamente significativas las diferencias de acuerdo a la variable Género, ni a las interacciones Grupo x Género o Grupo x Edad x Género. Tampoco se halló ninguna diferencia significativa según la variable Educación materna ni en interacción con el resto de los factores.

4.2.4. Análisis del rendimiento en orientación espacial en niños a término de desarrollo típico (Trabajo original V)

4.2.4.1. Curso evolutivo de las habilidades visoespaciales y la orientación egocéntrica y alocéntrica en niños de desarrollo típico

En primer lugar, se procedió a verificar si existía alguna diferencia asociada tanto a la edad como al género en las distintas medidas neuropsicológicas. En las Tablas 51 y 52 se muestran las medias, desviaciones típicas y porcentajes de respuesta de las tareas experimentales en la muestra control de acuerdo con los diferentes grupos de edad y género.

TABLA 51. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LOS RESULTADOS NEUROPSICOLÓGICOS Y VALORES DE CORTISOL, ASÍ COMO PORCENTAJES DE RESPUESTAS CORRECTAS EN LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA EN LOS GRUPOS DE EDAD (5, 6 Y 7 AÑOS)

	5 años	6 años	7 años
	Media (Desviación típica)		
RIST Índice	108,62 (11,59)	109,19 (13,02)	110,55 (15,09)
Puzles geométricos	16,95 (2,25)	18,86 (2,33)	23,30 (4,11)
Descubrimiento de rutas	3,05 (2,16)	4,05 (3,10)	6,05 (2,64)
Egocéntrica A	9,05 (1,20)	9,43 (0,92)	9,40 (0,94)
Egocéntrica B	6,30 (2,10)	6,71 (2,23)	7,10 (2,07)
Alocéntrica total	15,05 (5,69)	18,05 (4,17)	18,95 (4,92)
Alocéntrica bloque 1	5,70 (2,36)	5,62 (2,59)	6,35 (2,62)
Alocéntrica bloque 2	4,05 (3,33)	6,14 (2,33)	5,90 (2,63)
Alocéntrica bloque 3	5,30 (2,57)	6,29 (1,92)	6,60 (1,98)
Cortisol (µg/dl)	0,14 (0,05)	0,18 (0,06)	0,16 (0,05)
	Porcentaje de respuestas correctas (%)		
Egocéntrica A	90,48%	94,29%	94%
Egocéntrica B	63%	67,14%	71%
Alocéntrica total	62,95%	75,17%	78,95%
Alocéntrica bloque 1	71,85%	70,26%	79,37%
Alocéntrica bloque 2	50,62%	76,19%	73,75%
Alocéntrica bloque 3	66,25%	75,23%	82,5%

TABLA 52. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LOS RESULTADOS NEUROPSICOLÓGICOS Y VALORES DE CORTISOL, ASÍ COMO PORCENTAJES DE RESPUESTAS CORRECTAS EN LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA SEGÚN EL GÉNERO (NIÑOS Y NIÑAS)

	Niños	Niñas
	Media (Desviación típica)	
RIST Índice	112,38 (12,94)	106,40 (12,74)
Puzles geométricos	20,32 (3,97)	19,03 (3,96)
Descubrimiento de rutas	5,19 (3,02)	3,53 (2,56)
Egocéntrica A	9,44 (0,91)	9,13 (1,13)
Egocéntrica B	6,97 (2,28)	6,43 (1,96)
Alocéntrica total	18,52 (4,71)	16,17 (5,38)
Alocéntrica bloque 1	6,03 (2,51)	5,73 (2,54)
Alocéntrica bloque 2	6,10 (2,53)	4,63 (3,10)
Alocéntrica bloque 3	6,32 (2,19)	5,80 (2,23)
Cortisol (µg/dl)	0,17 (0,05)	0,16 (0,06)
	Porcentaje de respuestas correctas (%)	
Egocéntrica A	94,38%	91,33%
Egocéntrica B	69,68%	64,33%
Alocéntrica total	77,14%	67,34%
Alocéntrica bloque 1	75,40%	72,08%
Alocéntrica bloque 2	75,80%	57,91%
Alocéntrica bloque 3	77,41%	71,83%

Se encontraron diferencias significativas de acuerdo con la edad en el test Puzles Geométricos ($F_{2,55}=21,063$; $p<0,001$; $d=0,434$). El test Descubrimiento de rutas ($F_{2,55}=4,335$; $p=0,053$), la parte A Egocéntrica ($F_{2,55}=0,722$; $p=0,490$), la parte B Egocéntrica ($F_{2,55}=0,255$; $p=0,776$) y el test Alocéntrico ($F_{2,55}=2,366$; $p=0,103$) no mostraron diferencias significativas según la edad. Tampoco se hallaron diferencias significativas en ninguna medida con respecto a las variables Género ni a la interacción Edad x Género. El análisis post-hoc mostró que estas diferencias de edad se daban entre 5 y 7 años ($p<0,001$) y entre 6 y 7 años ($p<0,001$) en el test Puzles Geométricos (Figura 24).

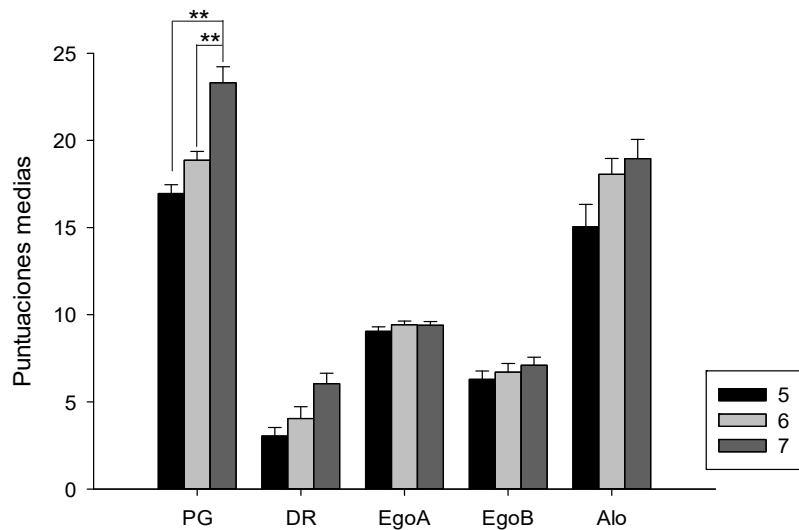


FIGURA 24. PUNTUACIONES MEDIAS EN HABILIDADES VISUOESPACIALES Y EN ORIENTACIÓN ESPACIAL EN NIÑOS CONTROLES DE 5, 6 Y 7 AÑOS.

Se observan diferencias estadísticamente significativas en la PG entre los 5 y 7 años y entre los 6 y 7 años. PG Puzzles geométricos, DR Descubrimiento de rutas, EgoA Egocéntrica Parte A, EgoB Egocéntrica Parte B, Alo Alocéntrica. $**p < 0.01$

4.2.4.2. Comparación entre ambos marcos de referencia, egocéntrico y alocéntrico, en niños de desarrollo típico

No encontramos diferencias significativas entre los bloques del test Alocéntrico (Bloques alocéntricos 1 x 2 x 3) tomando a la muestra control en su conjunto ($F_{2,59}=1,459$; $p=0,241$), ni tampoco en interacción con la Edad ($F_{4,110}=0,789$; $p=0,538$), ni en interacción con el Género (Bloques alocéntricos x Género), ni en interacción con Edad y Género. También analizando toda la muestra control, no hallamos diferencias significativas entre las pruebas Egocéntrica y Alocéntrica ($t_{59}=1,588$; $p=0,118$), pero sí encontramos resultados significativos al comparar la parte A Egocéntrica con la parte B ($t_{59}=9,523$; $p < 0,001$) (Figura 25), obteniendo los niños mejores puntuaciones en la parte A.

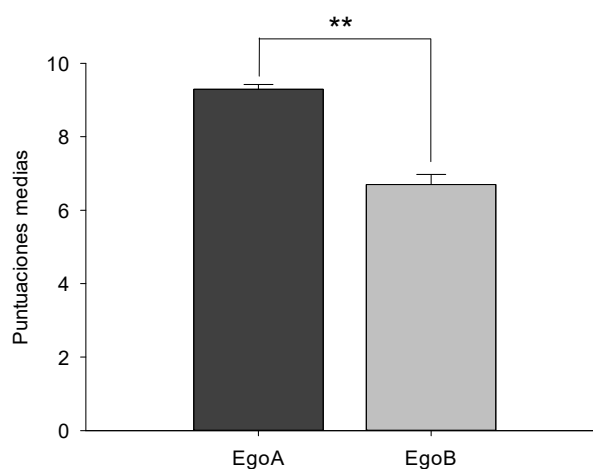


FIGURA 25. COMPARACIÓN ENTRE LAS PRUEBAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA A Y EGOCÉNTRICA B EN TODA LA MUESTRA CONTROL.

Se hallaron diferencias significativas, encontrando puntuaciones más altas en la Parte A en comparación con la Parte B. Ego A Egocéntrica parte A, Ego B Egocéntrica parte B. $**p < 0,001$

4.2.4.3. Relación de los marcos de referencia egocéntrico y aloecéntrico con otras variables en niños de desarrollo típico: cortisol salivar, habilidades visoespaciales, comportamiento y memoria en contextos cotidianos.

Hemos obtenido diversas correlaciones significativas entre varias de las tareas neuropsicológicas empleadas (Tabla 53). La prueba RIST correlaciona significativamente con Descubrimiento de rutas ($r=0,280$; $p=0,029$) y con la parte A Egocéntrica ($r=0,264$; $p=0,038$). El test Puzles geométricos se relaciona significativamente con Descubrimiento de rutas ($r=0,329$; $p=0,010$), y a su vez, el test Descubrimiento de rutas se asocia significativamente con la Parte A Egocéntrica ($r=0,269$; $p=0,036$), Parte B Egocéntrica ($r=0,404$; $p=0,001$) y tarea Aloecéntrica ($r=0,296$; $p=0,022$). Por último, la prueba Egocéntrica A correlaciona con la parte Egocéntrica B ($r=0,262$; $p=0,042$).

TABLA 53. CORRELACIONES ENTRE LAS PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICAS EN TODA LA MUESTRA CONTROL DE 5 A 7 AÑOS

		RIST	Puzles geométricos	Descubrimiento de rutas	Egocéntrica A	Egocéntrica B	Aloecéntrica
RIST	Correlación de Pearson	1	,107	,280*	,264*	,239	,168
	Sig. (bilateral)		,413	,029	,038	,064	,196
Puzles geométricos	Correlación de Pearson		1	,329**	,098	,18	,223
	Sig. (bilateral)			,010	,452	,370	,086
Descubrimiento de rutas	Correlación de Pearson			1	,269*	,404**	,296*
	Sig. (bilateral)				,036	,001	,022
Egocéntrica A	Correlación de Pearson				1	,251	,213
	Sig. (bilateral)					,051	,099
Egocéntrica B	Correlación de Pearson					1	,262*
	Sig. (bilateral)						,042
Aloecéntrica	Correlación de Pearson						1
	Sig. (bilateral)						

* $p<0,05$; ** $p<0,01$

También se relacionaron las tareas de orientación espacial con otras variables fisiológicas, conductuales y del desempeño de la memoria en la vida diaria (Tablas 54, 55 y 56, respectivamente). En primer lugar, los valores de cortisol se relacionaron significativamente con la prueba Aloecéntrica ($r=0,361$; $p=0,024$). En segundo lugar, se ha encontrado que conductas adaptativas como la variable Liderazgo está significativamente asociada con la prueba Egocéntrica A ($r=0,464$; $p=0,003$), así como la variable Habilidades adaptativas se relaciona significativamente con la prueba Aloecéntrica ($r=0,277$; $p=0,032$). Algunas conductas inadaptativas, como las variables

Depresión, Atipicidad e Hiperactividad correlacionaron significativa y negativamente con la parte A Egocéntrica ($r=-0,292$; $p=0,022$), la parte B Egocéntrica ($r=0,319$; $p=0,013$) y la tarea Alocéntrica ($r=-0,273$; $p=0,035$) respectivamente. Finalmente, la memoria evaluada en contextos cotidianos mediante el cuestionario ECM-Q se asocia significativamente con las pruebas Egocéntrica parte A y Alocéntrica. Así, la parte Egocéntrica A se relaciona significativa y positivamente con el Ítem 12 ($r=0,342$; $p=0,014$) y el Ítem 66 ($r=0,439$; $p=0,001$), así como significativa y negativamente con el Ítem 36 ($r=-0,326$; $p=0,022$). La prueba Alocéntrica correlacionó significativa y positivamente con el Ítem 17 ($r=0,348$; $p=0,012$) y el Ítem 39 ($r=0,340$; $p=0,014$), así como significativa y negativamente con el Ítem 50 ($r=-0,423$; $p=0,002$).

TABLA 54. CORRELACIONES ENTRE LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA CON LOS VALORES DE CORTISOL SALIVAL EN TODA LA MUESTRA CONTROL

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
Cortisol ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Correlación de Pearson	,010	,104	,361 *
	Sig. (bilateral)	,950	,528	,024

* $p<0,05$

TABLA 55. CORRELACIONES ENTRE LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA CON EL CUESTIONARIO BASC

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
Agresividad	Correlación de Pearson	-,026	,131	,199
	Sig. (bilateral)	,840	,318	,127
Hiperactividad	Correlación de Pearson	-,058	,049	-,273*
	Sig. (bilateral)	,658	,710	,035
Problemas Conducta	Correlación de Pearson	,012	-,101	-,242
	Sig. (bilateral)	,944	,533	,133
Problemas Atención	Correlación de Pearson	-,207	-,222	-,071
	Sig. (bilateral)	,110	,089	,590
Atipicidad	Correlación de Pearson	-,022	-,318*	,060
	Sig. (bilateral)	,864	,013	,651
Depresión	Correlación de Pearson	-,292*	-,072	-,118
	Sig. (bilateral)	,022	,585	,371
Ansiedad	Correlación de Pearson	-,095	,164	-,042
	Sig. (bilateral)	,465	,212	,752
Retraimiento	Correlación de Pearson	-,145	,002	-,012
	Sig. (bilateral)	,265	,990	,925
Somatización	Correlación de Pearson	,013	,054	,008
	Sig. (bilateral)	,921	,682	,952

Adaptabilidad	Correlación de Pearson	,112	,040	-,089
	Sig. (bilateral)	,390	,760	,499
Habilidades sociales	Correlación de Pearson	,164	,228	,065
	Sig. (bilateral)	,208	,079	,621
Liderazgo	Correlación de Pearson	,464**	,227	-,247
	Sig. (bilateral)	,003	,158	,125
Exteriorización	Correlación de Pearson	,070	,135	,213
	Sig. (bilateral)	,589	,305	,103
Interiorización	Correlación de Pearson	-,114	,116	,058
	Sig. (bilateral)	,383	,377	,658
Habilidades Adaptativas	Correlación de Pearson	,239	,221	,277*
	Sig. (bilateral)	,064	,090	,032

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

TABLA 56. CORRELACIONES ENTRE LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA CON EL CUESTIONARIO ADAPTADO ECM-Q EN TODA LA MUESTRA CONTROL

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
ECM-Q 12 (<i>Recuerda el camino para ir a casa</i>)	Correlación de Pearson	,342*	,130	,047
	Sig. (bilateral)	,014	,367	,744
ECM-Q 17 (<i>Tiene una buena orientación</i>)	Correlación de Pearson	,145	-,027	,348*
	Sig. (bilateral)	,304	,852	,012
ECM-Q 36 (<i>Olvida cómo se va a un sitio al que le acaban de explicar cómo ir</i>)	Correlación de Pearson	-,326*	-,149	-,190
	Sig. (bilateral)	,022	,312	,196
ECM-Q 39 (<i>Recuerda dónde deja sus cosas</i>)	Correlación de Pearson	,168	,135	,340*
	Sig. (bilateral)	,229	,341	,014
ECM-Q 45 (<i>Se pierde en lugares conocidos</i>)	Correlación de Pearson	-,263	-,079	-,143
	Sig. (bilateral)	,063	,585	,321
ECM-Q 62 (<i>Recuerda dónde están guardadas sus cosas</i>)	Correlación de Pearson	,191	,125	,133
	Sig. (bilateral)	,170	,376	,347
ECM-Q 66 (<i>Reconoce los sitios en los que ha estado antes</i>)	Correlación de Pearson	,439**	,078	-,040
	Sig. (bilateral)	,001	,584	,776
ECM-Q 50 (<i>Se suele perder en sitios donde había estado antes</i>)	Correlación de Pearson	-,204	-,057	-,423**
	Sig. (bilateral)	,150	,693	,002
ECM-Q 28 (<i>Se le da bien aprender el camino para ir a un sitio nuevo</i>)	Correlación de Pearson	-,011	,156	,254
	Sig. (bilateral)	,941	,279	,075

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.2.5. Análisis del rendimiento en orientación espacial en niños prematuros de muy bajo peso al nacer (Trabajo original IV)

4.2.5.1. Curso evolutivo de la orientación egocéntrica y alocótrica en niños prematuros de muy bajo peso al nacer

En primer lugar, hemos analizado si existe algún tipo de mejora o evolución a lo largo de las edades medidas, así como en relación al género, en las estrategias de orientación dentro de la muestra prematura. Así, en relación con la Edad, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en las tareas Egocéntrica parte B ($F_{2,82}=5,780$; $p=0,004$; $\eta^2=0,124$), Alocéntrica total ($F_{2,82}=6,945$; $p=0,002$; $\eta^2=0,145$), Alocéntrico bloque 1 ($F_{2,82}=8,265$; $p=0,001$; $\eta^2=0,168$) y Alocéntrico bloque 2 ($F_{2,82}=4,485$; $p=0,014$; $\eta^2=0,099$). En el análisis post-hoc, encontramos que las diferencias en la parte B Egocéntrica se observan entre los 5 y los 7 años ($p=0,002$). En el caso de la tarea Alocéntrica total, estas diferencias se hallan entre los 5 y los 6 años ($p=0,004$) y entre los 5 y los 7 años ($p=0,005$) (Figura 26). En el primer bloque de la tarea Alocéntrica, las diferencias se encuentran entre los 5 y los 6 años ($p=0,001$), mientras que, en el segundo bloque, entre los 5 y los 7 ($p=0,011$). En todas estas comparaciones los niños de mayor edad obtienen mejor rendimiento que los más pequeños. No se han observado diferencias estadísticamente significativas en el tercer bloque Alocéntrico ni en la parte A Egocéntrica. Tampoco se han obtenido diferencias significativas según la variable Género ni en la interacción Edad x Género.

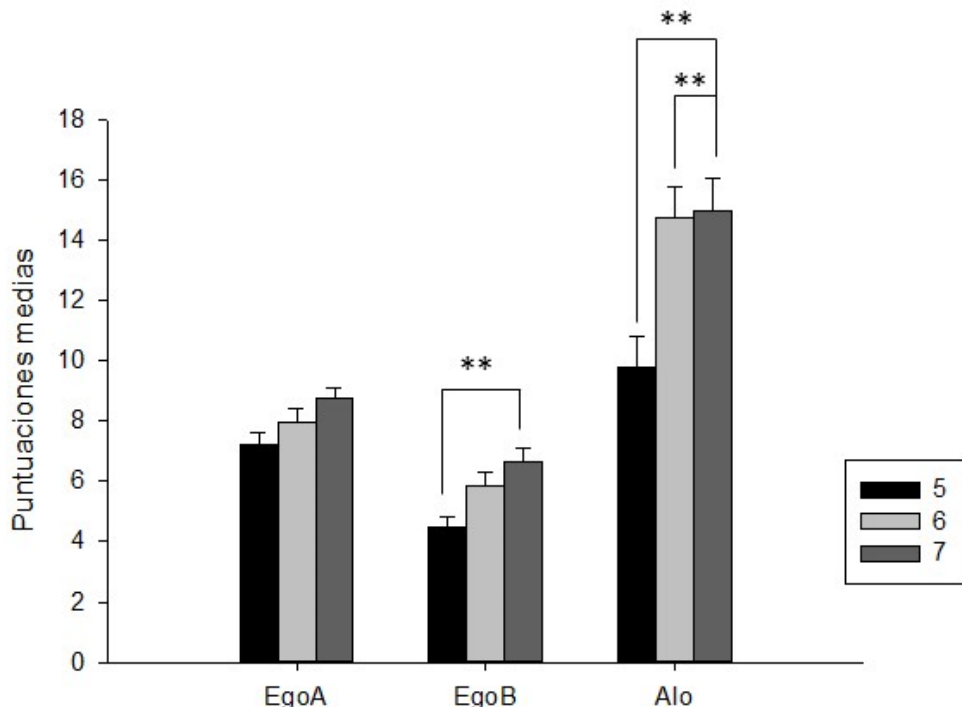


FIGURA 26. PUNTUACIONES MEDIAS EN LAS TAREAS DE ORIENTACIÓN ESPACIAL EN LA MUESTRA PREMATURA SEGÚN GRUPOS DE EDAD.

*Se observan diferencias estadísticamente significativas en la parte B Egocéntrica entre los niños de 5 y 7 años, así como en la tarea Alocéntrica entre los niños de 5 y 7 años, y los de 6 y 7 años. ** $p < 0,01$.*

4.2.5.2. Comparación entre ambos marcos de referencia, egocéntrico y alocéntrico, en niños prematuros de muy bajo peso al nacer

A continuación, se procedió a comprobar el rendimiento diferencial entre las distintas tareas de orientación espacial. Así, al considerar la muestra prematura total, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la parte A y B Egocéntricas ($F_{1,81}=84,960$; $p<0,001$; $\eta^2=0,512$), pero no entre la parte B Egocéntrica y la tarea Alocéntrica total ($p=0,422$). Por otra parte, analizando el rendimiento entre los distintos bloques Alocéntricos, obtenemos diferencias significativas entre los mismos ($F_{2,81}=7,767$; $p=0,001$; $\eta^2=0,161$), aunque no asociadas ni a la Edad ni al Género. Estas diferencias se hallan entre los bloques 1 y 2 ($p<0,001$), y 1 y 3 ($p=0,015$), pero no entre 2 y 3 ($p=0,493$) (Figura 27).

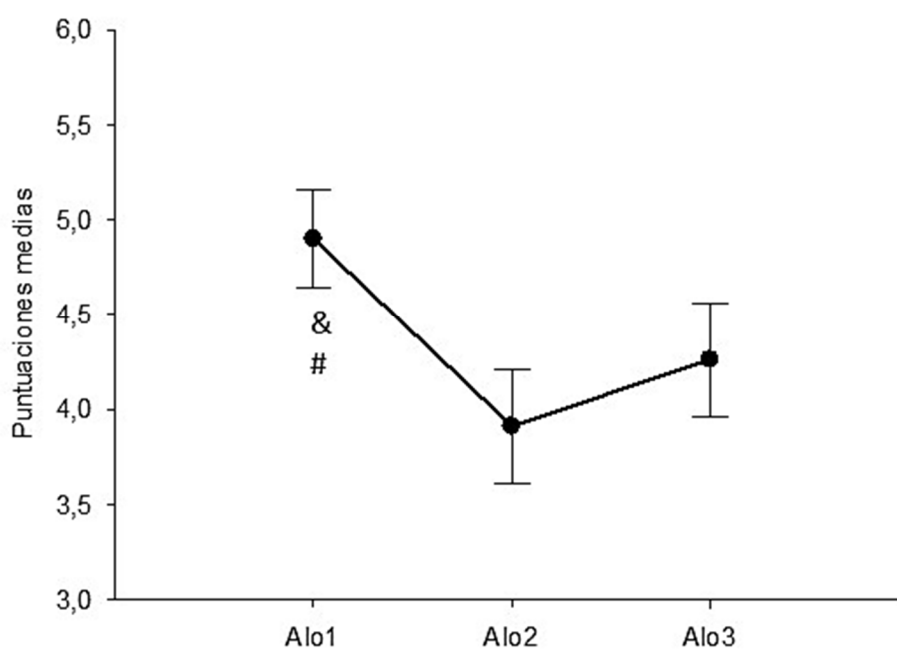


FIGURA 27. PUNTUACIONES MEDIAS EN LOS BLOQUES ALOCÉNTRICOS EN EL GRUPO PREMATURO
Observamos que los prematuros obtienen rendimiento significativamente mejor en el bloque 1 que en el bloque 2 (& $p < 0,001$) y que en el bloque 3 (# $p = 0,015$).

4.2.5.3. Relación de los marcos de referencia egocéntrico y alocéntrico con otras variables en niños prematuros de muy bajo peso al nacer: factores de riesgo perinatal, habilidades visoespaciales, comportamiento y memoria en contextos cotidianos.

En primer lugar, nos hemos propuesto analizar si el rendimiento en las tareas de orientación espacial guardaba alguna relación con el resto de las medidas neuropsicológicas en la muestra prematura. Así, analizando en primer lugar la muestra al completo (ver Tabla 57), encontramos asociaciones significativas entre todas las variables. El test RIST correlaciona significativamente, de mayor a menor tamaño del efecto, con la tarea A Egocéntrica ($r=0,435$; $p<0,001$), Descubrimiento de rutas ($r=0,403$; $p<0,001$), tarea Alocéntrica ($r=0,266$; $p=0,013$), Puzles geométricos y la parte B Egocéntrica ($r=0,230$; $p=0,032$). Puzles geométricos se relaciona significativamente con Descubrimiento de rutas ($r=0,516$; $p<0,001$), la parte A Egocéntrica ($r=0,470$; $p<0,001$), la parte B

Egocéntrica ($r=0,457$; $p<0,001$) y la tarea Alocéntrica ($r=0,409$; $p<0,001$). El test Descubrimiento de rutas se asocia significativamente con la tarea Alocéntrica ($r=0,466$; $p<0,001$), con la parte B Egocéntrica ($r=0,395$; $p<0,001$) y con la parte A Egocéntrica ($r=0,284$; $p<0,001$). Por otro lado, se han examinado las asociaciones de las tareas de orientación espacial entre sí. La correlación de un tamaño del efecto más potente se encuentra entre las partes A y B Egocéntricas ($r=0,500$; $p<0,001$), seguida por la asociación entre la parte B Egocéntrica y la tarea Alocéntrica ($r=0,496$; $p<0,001$), y por último, entre la parte A Egocéntrica y la tarea Alocéntrica ($r=0,487$; $p<0,001$).

TABLA 57. CORRELACIONES EN LA MUESTRA PREMATURA TOTAL ENTRE LAS PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICAS

		RIST	Puzles geométricos	Descubrimiento de rutas	Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica
RIST	Correlación de Pearson	1	,265*	,403**	,435**	,230*	,266*
	Sig. (bilateral)		,012	,000	,000	,032	,013
Puzles geométricos	Correlación de Pearson		1	,516**	,470**	,457**	,409**
	Sig. (bilateral)			,000	,000	,000	,000
Descubrimiento de rutas	Correlación de Pearson			1	,284**	,395**	,467**
	Sig. (bilateral)				,008	,000	,000
Egocéntrica A	Correlación de Pearson				1	,500**	,487**
	Sig. (bilateral)					,000	,000
Egocéntrica B	Correlación de Pearson					1	,496**
	Sig. (bilateral)						,000
Alocéntrica	Correlación de Pearson						1
	Sig. (bilateral)						

* $p<0,05$; ** $p<0,01$

Para proceder al análisis de los factores de riesgo perinatales, se ha separado a la muestra prematura en dos grupos, en función a si dicha variable ha estado presente o no. En la Tabla 58 se muestran las frecuencias en las que estas variables se encontraban presentes o ausentes en los niños de la muestra.

TABLA 58. FRECUENCIA (%) DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DE LAS VARIABLES PRENATALES, PERINATALES Y POSTNATALES TEMPRANAS EN LA MUESTRA PREMATURA

Parto múltiple		Surfactante	
Si	34,5%	Si	84,6%
No	65,5%	No	15,4%
Fecundación in vitro (FIV)		Enfermedad de la Membrana Hialina	
Si	24,1%	Si	50,6%
No	75,9%	No	49,4%
Tipo de parto		Enterocolitis necrotizante	
Vaginal	32,2%	Si	4,6%
Cesárea	67,8%	No	95,4%
Corticoides		Ductus arterioso persistente	
Si	31%	Si	24,1%
No	69%	No	75,9%
Antibioterapia materna		Anemia transfundible	
Si	35,6%	Si	41,4%
No	62,1%	No	57,5%
Corioamnionitis		Sepsis temprana	
Si	92,3%	Si	1,1%
No	11,5%	No	98,9%
Hipertensión arterial materna		Sepsis tardía	
Si	19,5%	Si	25,3%
No	80,5%	No	74,7%
Procedimiento quirúrgico		Apneas	
Si	6,9%	Si	18,4%
No	93,1%	No	81,6%
Intubación endotraqueal		Hemorragia intra-periventricular	
Si	15,4%	Si	27,6%
No	84,6%	Grado I	19,5%
CPAP Nasal		Grado II	5,7%
Si	46,2%	Grado III	2,3%
No	53,8%	Grado IV	0%
Inotrópicos		No	72,4%
Si	11,5%		
No	88,5%		

CPAP, Continuous Positive Airway Pressure, Presión positiva de las vías aéreas

Así pues, al separar a los niños según parto único o parto múltiple, se han encontrado diferencias significativas en la tarea Alocéntrica total ($U=445,5$; $p=0,007$; $d=0,328$), encontrando que aquellos niños nacidos en parto único puntúan mejor. Por otro lado, al dividir a los niños prematuros según el tipo de parto, vaginal o cesárea, se han podido observar diferencias estadísticamente significativas en la tarea Descubrimiento de Rutas ($U=615$; $p=0,040$, $d=0,507$), en este caso, obteniendo mejor rendimiento aquellos niños nacidos por parto vaginal. En cuanto a presión positiva continua de las vías respiratorias (CPAP), se han encontrado diferencias significativas en

la tarea Puzles geométricos ($U=389$; $p=0,039$, $d=0,610$), donde aquellos niños que reciben CPAP puntúan peor que aquellos que no la reciben. En cuanto a cualquier tipo de intervención quirúrgica, se han encontrado diferencias significativas en los test RIST ($U=112$; $p=0,026$; $d=0,974$), Puzles geométricos ($U=122$; $p=0,040$; $d=0,979$), Descubrimiento de rutas ($U=100,5$; $p=0,014$; $d=1,180$), parte A Egocéntrica ($U=93$; $p=0,009$; $d=1,320$) y parte B Egocéntrica ($U=110$; $p=0,024$; $d=1,056$). En todas estas comparaciones, las puntuaciones son mejores en los niños que no han sufrido ningún tipo de intervención quirúrgica. En cuanto a la presencia de enterocolitis necrotizante, encontramos diferencias significativas en las tareas RIST ($U=37$; $p=0,004$; $d=1,752$) y parte B Egocéntrica ($U=47$; $p=0,012$; $d=1,421$), donde los niños que no presentan dicha patología obtienen mejores puntuaciones. En el caso de la presencia de sepsis tardía, estas diferencias aparecen en los test Puzles geométricos ($U=423$; $p=0,002$; $d=0,853$) y Descubrimiento de rutas ($U=434,5$; $p=0,004$; $d=0,731$), obteniendo un peor rendimiento aquellos niños que recibían este diagnóstico. En último lugar, encontramos que considerando la presencia de hemorragia intraventricular en cualquier grado, se obtienen diferencias estadísticamente significativas en los test Puzles geométricos ($U=372$; $p<0,001$; $d=1,118$), Descubrimiento de rutas ($U=522$; $p=0,015$; $d=0,775$), parte A Egocéntrica, ($U=461,5$; $p=0,006$; $d=0,824$) y Alocéntrica total ($U=368,5$; $p<0,001$; $d=1,022$), obteniendo un rendimiento inferior aquellos niños que han sufrido de hemorragias. Cuando se considera el grado de la hemorragia (0, I, II o III), encontramos diferencias significativas en Puzles geométricos ($\chi^2_3=14.388$; $p=0.002$; $d=0.803$), parte A Egocéntrica ($\chi^2_3=12.021$; $p=0.007$; $d=0.703$) y Alocéntrica total ($\chi^2_3=16.910$; $p=0.001$; $d=0.904$). En las comparaciones dos a dos corregidas por Bonferroni (considerando como significativos aquellos resultados cuya $p<0,008$), observamos diferencias significativas entre el grado 0 y el I en Puzles geométricos ($p=0,001$), parte Egocéntrica A ($p=0,004$) y Alocéntrica ($p<0,001$). De nuevo, el rendimiento es inferior para los niños con hemorragia grado I. Por otra parte, no se han hallado diferencias significativas en las distintas tareas neuropsicológicas cuando se han dividido a los niños prematuros según fecundación in vitro, corioamnionitis, hipertensión materna, corticoides, antibióticos, intubación endotraqueal, surfactante, enfermedad de la membrana hialina, ductus arterioso persistente, sepsis temprana, apneas, anemia ni leucomalacia periventricular.

También se han puesto en relación diferentes variables con el rendimiento neuropsicológico de la muestra prematura, en este caso, la edad gestacional y el peso al nacer, la conducta y el comportamiento, así como el rendimiento en memoria espacial en contextos funcionales. Comenzando por el análisis de la edad gestacional y el peso al nacer, observamos que no existen correlaciones estadísticamente significativas entre estas dos variables y el rendimiento en las tareas de orientación espacial (ver Tabla 59).

Por otro lado, al analizar la memoria espacial en entornos cotidianos a través del cuestionario ECM-Q cumplimentado por los progenitores, observamos que no encontramos correlaciones significativas entre el test y las tareas experimentales (Tabla 60).

En último lugar, se analizó la conducta y el comportamiento en relación con el rendimiento en orientación espacial (Tabla 61). Para este análisis, y con la finalidad de evitar que los resultados pudieran estar influenciados por la edad de los niños, se emplearon las puntuaciones T en lugar de las directas. Así, encontramos que únicamente la variable Liderazgo, presente en los niños de 6 y 7 años, correlaciona significativamente con la tarea Alocéntrica total ($r=0,354$; $p=0,012$).

TABLA 59. CORRELACIONES ENTRE PESO EN EL NACIMIENTO (GRAMOS) Y EDAD GESTACIONAL (SEMANAS) CON LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA TOTAL EN TODA LA MUESTRA PREMATURA DE MUY BAJO PESO AL NACER

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
Peso al nacer (gr)	Correlación de Pearson	-,041	-,062	-,013
	Sig. (bilateral)	,703	,564	,901
Edad gestacional (Semanas)	Correlación de Pearson	,035	,065	,059
	Sig. (bilateral)	,749	,545	,583

TABLA 60. CORRELACIONES ENTRE LOS ÍTEMS DE MEMORIA ESPACIAL DE EVALUACIÓN CLÍNICA DE LA MEMORIA (ECM-Q) Y LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA TOTAL EN TODA LA MUESTRA PREMATURA DE MUY BAJO PESO AL NACER

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
ECM-Q 12 (<i>Recuerda el camino para ir a casa</i>)	Correlación de Pearson	,123	,162	,058
	Sig. (bilateral)	,313	,182	,637
ECM-Q 17 (<i>Tiene una buena orientación</i>)	Correlación de Pearson	,103	,082	-,026
	Sig. (bilateral)	,399	,502	,834
ECM-Q 36 (<i>Olvida cómo se va a un sitio al que le acaban de explicar cómo ir</i>)	Correlación de Pearson	,098	,094	,230
	Sig. (bilateral)	,432	,451	,061
ECM-Q 39 (<i>Recuerda dónde deja sus cosas</i>)	Correlación de Pearson	-,089	,021	-,079
	Sig. (bilateral)	,468	,861	,517
ECM-Q 45 (<i>Se pierde en lugares conocidos</i>)	Correlación de Pearson	-,051	-,181	,063
	Sig. (bilateral)	,679	,136	,605
ECM-Q 62 (<i>Recuerda dónde están guardadas sus cosas</i>)	Correlación de Pearson	-,112	,111	-,158
	Sig. (bilateral)	,361	,369	,199
ECM-Q 66 (<i>Reconoce los sitios en los que ha estado antes</i>)	Correlación de Pearson	-,019	,016	-,079
	Sig. (bilateral)	,875	,895	,520
ECM-Q 50 (<i>Se suele perder en sitios donde había estado antes</i>)	Correlación de Pearson	-,060	-,149	,078
	Sig. (bilateral)	,629	,224	,527
ECM-Q 28 (<i>Se le da bien aprender el camino para ir a un sitio nuevo</i>)	Correlación de Pearson	,187	,160	,090
	Sig. (bilateral)	,128	,194	,464

TABLA 61. CORRELACIONES ENTRE LOS ÍNDICES DEL CUESTIONARIO BASC (PUNTUACIONES T) Y LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA (PARTES A Y B) Y ALOCÉNTRICA TOTAL EN TODA LA MUESTRA PREMATURA DE MUY BAJO PESO AL NACER

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica total
Agresividad	Correlación de Pearson	,147	,098	,167
	Sig. (bilateral)	,191	,383	,137
Hiperactividad	Correlación de Pearson	-,028	,032	-,030
	Sig. (bilateral)	,806	,778	,791
Problemas Conducta	Correlación de Pearson	-,141	-,033	,069
	Sig. (bilateral)	,328	,822	,632
Problemas Atención	Correlación de Pearson	-,090	-,135	-,132
	Sig. (bilateral)	,425	,231	,241
Atipicidad	Correlación de Pearson	-,113	-,032	-,089
	Sig. (bilateral)	,317	,778	,428
Depresión	Correlación de Pearson	,031	-,049	,021
	Sig. (bilateral)	,784	,664	,856
Ansiedad	Correlación de Pearson	,119	,174	,089
	Sig. (bilateral)	,289	,119	,428
Retraimiento	Correlación de Pearson	-,011	-,064	-,136
	Sig. (bilateral)	,919	,573	,228
Somatización	Correlación de Pearson	,169	,226	,031
	Sig. (bilateral)	,131	,052	,784

Adaptabilidad	Correlación de Pearson	,074	,149	,146
	Sig. (bilateral)	,509	,184	,194
Habilidades sociales	Correlación de Pearson	,135	,049	,080
	Sig. (bilateral)	,231	,663	,479
Liderazgo	Correlación de Pearson	,242	,199	,354*
	Sig. (bilateral)	,090	,166	,012
Exteriorización	Correlación de Pearson	,152	,197	,211
	Sig. (bilateral)	,175	,079	,058
Interiorización	Correlación de Pearson	,203	,216	,197
	Sig. (bilateral)	,068	,053	,078
Habilidades Adaptativas	Correlación de Pearson	,143	,110	,208
	Sig. (bilateral)	,203	,329	,062

* $p < 0,05$

4.3. Orientación espacial egocéntrica y alocéntrica a lo largo del ciclo vital

4.3.1. Orientación espacial en los adultos jóvenes (Trabajo original VI)

4.3.1.1. Comparación entre el marco de referencia egocéntrico y alocéntrico

En primer lugar, hemos observado que, considerando toda la muestra, obtenemos diferencias significativas entre el rendimiento egocéntrico y alocéntrico ($t_{93}=2,595$; $p=0,011$; $d=0,303$), siendo la tarea alocéntrica la que alcanza mayores puntuaciones.

4.3.1.2. Diferencias de género en la orientación egocéntrica y alocéntrica

Al comparar el rendimiento entre hombres y mujeres, hemos obtenido diferencias significativas en la tarea Egocéntrica A ($t_{92}=-2,436$; $p=0,017$; $d=0,503$), Egocéntrica B ($t_{92}=-3,289$; $p=0,001$; $d=0,678$), Alocéntrica ($t_{92}=-2,319$; $p=0,005$; $d=0,591$), Amplitud Espacial Directa ($t_{92}=-2,225$; $p=0,029$; $d=0,459$) y Amplitud Espacial Inversa ($t_{92}=-3,831$; $p<0,001$; $d=0,790$). En todas ellas, el rendimiento fue significativamente superior para los varones. El test de Juicio de Orientación de Líneas de Benton no mostró diferencias significativas asociadas al género ($p=0,257$) (Tabla 62).

TABLA 62. MEDIA, DESVIACIÓN TÍPICA Y SIGNIFICACIÓN PARA LAS PUNTUACIONES DIRECTAS DE LOS TEST SEGÚN EL GÉNERO DE LA MUESTRA ADULTA JOVEN

	Mujeres Media (Desv. Tip.)	Hombres Media Desv. Típ.)	Sig. (bilateral)
Egocéntrica A	29,09 (1,33)	29,66 (0,92)	0,017
Egocéntrica B	24,57 (4,01)	27,21 (3,77)	0,001
Alocéntrica	55,43 (4,46)	57,74 (3,29)	0,005
Orientación de líneas	25,07 (4,88)	26,06 (3,41)	0,257
Amplitud directa	7,23 (0,96)	7,83 (1,56)	0,029
Amplitud inversa	6,28 (1,19)	7,47 (1,77)	<0,001

Comentábamos anteriormente que los adultos jóvenes rendían mejor en el marco alocéntrico que en el egocéntrico. Sin embargo, comparando directamente el rendimiento en estos test, pero

considerando el género de los participantes, observamos que los hombres no mostraron diferencias entre las estrategias ($p=0,145$), pero que las mujeres sí lo hacían, alcanzando puntuaciones significativamente superiores en la tarea Alocéntrica frente a la tarea Egocéntrica total ($t_{46}=2,126$; $p=0,039$; $d=0,392$) (Figura 28).

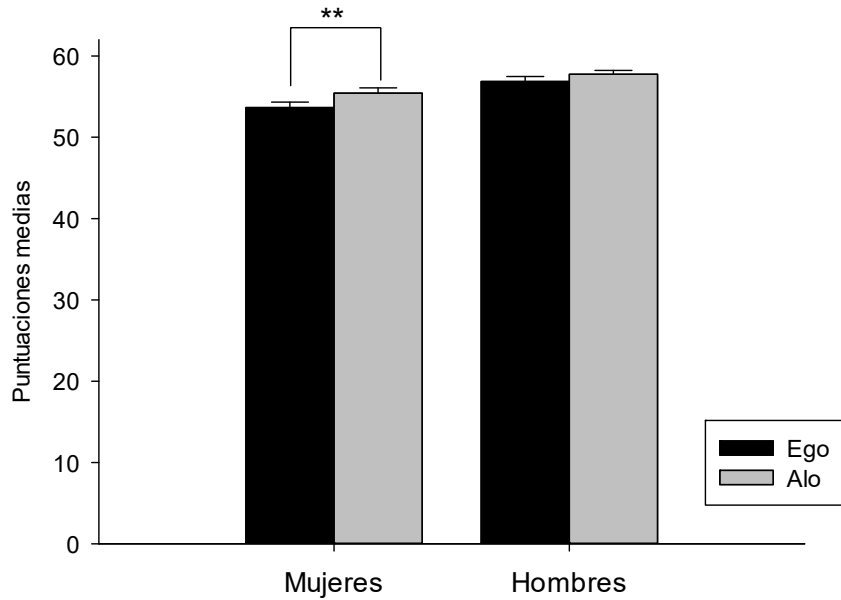


FIGURA 28. PUNTUACIONES MEDIAS EGOCÉNTRICAS TOTALES (EGO) Y ALOCÉNTRICAS (ALO) EN LOS GRUPOS DE MUJERES Y HOMBRES JÓVENES

*Se encontraron diferencias significativas entre Ego y Alo en las mujeres, con puntuaciones más altas en el test alocéntrico que en el egocéntrico. * $p<0,05$*

Comparando la ejecución en los 5 bloques alocéntricos, encontramos un efecto significativo del género en el primer ($t_{92}=-2,655$; $p=0,009$; $d=0,547$) y quinto bloque ($t_{92}=-2,036$; $p=0,045$; $d=0,420$), donde los hombres puntuaron mejor que las mujeres. Por otro lado, al comparar mujeres y hombres de forma separada, hemos encontrado un efecto significativo del aprendizaje en las mujeres ($F_{4,184}=2,932$; $p=0,022$; $\eta^2=0,191$). En el análisis post-hoc, las puntuaciones en el tercer y quinto bloque fueron mejores que en el primer bloque ($t_{46}=2,986$; $p=0,032$; $d=0,548$ y $t_{46}=2,912$; $p=0,036$; $d=0,544$; respectivamente). Los hombres no mostraron diferencias en el rendimiento en los distintos bloques alocéntricos ($p=0,689$) (Figura 29).

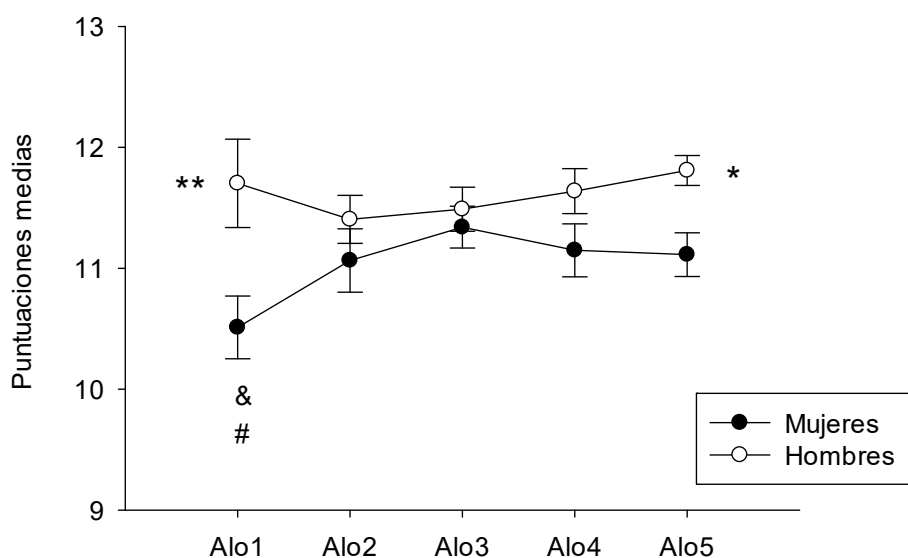


FIGURA 29. PUNTUACIONES MEDIAS EN LOS BLOQUES ALOCÉNTRICOS (ALO1, ALO2, ALO3, ALO4 Y ALO5) EN MUJERES Y HOMBRES JÓVENES.

Se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en el primer y quinto bloque (* $p=0,045$; ** $p=0,009$). Se observó también una mejoría en los sucesivos bloques de ensayos solo en el grupo de mujeres. Así, las puntuaciones del quinto y tercer bloque fueron mejores que las del primero (& $p=0,036$ y # $p=0,032$).

4.3.1.3. Relación entre el rendimiento en orientación espacial y otras funciones neuropsicológicas

Hemos encontrado relaciones significativas entre Amplitud Espacial Inversa y la parte B de la tarea Egocéntrica ($r=0,344$ $p=0,003$). También la Amplitud Espacial Inversa se correlacionó significativamente con la tarea Alocéntrica ($r=0,309$ $p=0,003$) (Tabla 63). Ahora bien, considerando los resultados segmentados según el género (Tabla 64 para las mujeres y Tabla 65 para los varones), observamos que no existen correlaciones significativas en las mujeres, pero sí en los varones, donde las puntuaciones en la parte B Egocéntrica se asocian significativamente con el rendimiento en Amplitud Espacial Directa ($r=0,323$; $p=0,027$) e Inversa ($r=0,360$; $p=0,013$).

TABLA 63. CORRELACIÓN DE LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA CON LOS TEST DE JUICIO DE ORIENTACIÓN DE LÍNEAS DE BENTON, AMPLITUD ESPACIAL DIRECTA Y AMPLITUD ESPACIAL INVERSA EN ADULTOS JÓVENES

		Orientación de líneas	Amplitud directa	Amplitud inversa
Egocéntrica A	Correlación de Pearson	,047	,113	,128
	Sig. (bilateral)	,654	,277	,221
Egocéntrica B	Correlación de Pearson	,109	,189	,344**
	Sig. (bilateral)	,302	,068	,003
Alocéntrica	Correlación de Pearson	,028	,199	,309**
	Sig. (bilateral)	,791	,055	,003

** $p < 0,01$

TABLA 64. CORRELACIÓN DE LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA CON LOS TEST DE JUICIO DE ORIENTACIÓN DE LÍNEAS DE BENTON, AMPLITUD ESPACIAL DIRECTA Y AMPLITUD ESPACIAL INVERSA EN LAS MUJERES JÓVENES

		Orientación de líneas	Amplitud directa	Amplitud inversa
Egocéntrica A	Correlación de Pearson	,023	,052	-,070
	Sig. (bilateral)	,879	,728	,641
Egocéntrica B	Correlación de Pearson	,137	-,166	,012
	Sig. (bilateral)	,369	,266	,939
Alocéntrica	Correlación de Pearson	,003	,174	,206
	Sig. (bilateral)	,983	,241	,164

TABLA 65. CORRELACIÓN DE LAS TAREAS DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA CON LOS TEST DE JUICIO DE ORIENTACIÓN DE LÍNEAS DE BENTON, AMPLITUD ESPACIAL DIRECTA Y AMPLITUD ESPACIAL INVERSA EN LOS HOMBRES JÓVENES

		Orientación de líneas	Amplitud directa	Amplitud inversa
Egocéntrica A	Correlación de Pearson	,007	,080	,154
	Sig. (bilateral)	,962	,593	,300
Egocéntrica B	Correlación de Pearson	-,016	,323*	,360*
	Sig. (bilateral)	,913	,027	,013
Alocéntrica	Correlación de Pearson	-,031	,139	,271
	Sig. (bilateral)	,834	,351	,065

* $p < 0,05$

4.3.2. Orientación espacial egocéntrica y alocéntrica en la infancia: comparativa con adultos jóvenes (Trabajo original VII)

4.3.2.1. Comparación de los marcos de referencia egocéntrico y alocéntrico entre adultos jóvenes y niños de 5, 6 y 7 años

Para estos análisis, se han considerado los grupos de 5 años, 6 años, 7 años y adultos. En cuanto a la variable Edad, encontramos diferencias significativas en la parte A Egocéntrica ($F_{3,27}=3,089$; $p=0,044$, $\eta^2=0,256$), en la parte B Egocéntrica ($F_{3,27}=7,925$; $p=0,001$; $\eta^2=0,468$), Alocéntrica total ($F_{3,27}=16,117$; $p<0,001$; $\eta^2=0,642$) y los bloques alocéntricos 2 ($F_{3,27}=10,445$; $p<0,001$; $\eta^2=0,537$) y 3 ($F_{3,27}=10,357$; $p<0,001$; $\eta^2=0,535$). El análisis post-hoc reveló que las diferencias en la parte A Egocéntrica se encontraban entre el grupo de adultos y el de 5 años ($p=0,007$). En el caso de la parte B Egocéntrica, las diferencias se observaban entre los adultos con todos los grupos de niños: 5 años ($p=0,001$), 6 años ($p=0,004$), y 7 años ($p=0,022$). Los mismos resultados entre grupos se encontraron en la tarea Alocéntrica total, donde los adultos mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con los niños de 5 años ($p<0,001$), de 6 años ($p=0,001$) y de 7 años ($p=0,002$) (Figura 30).

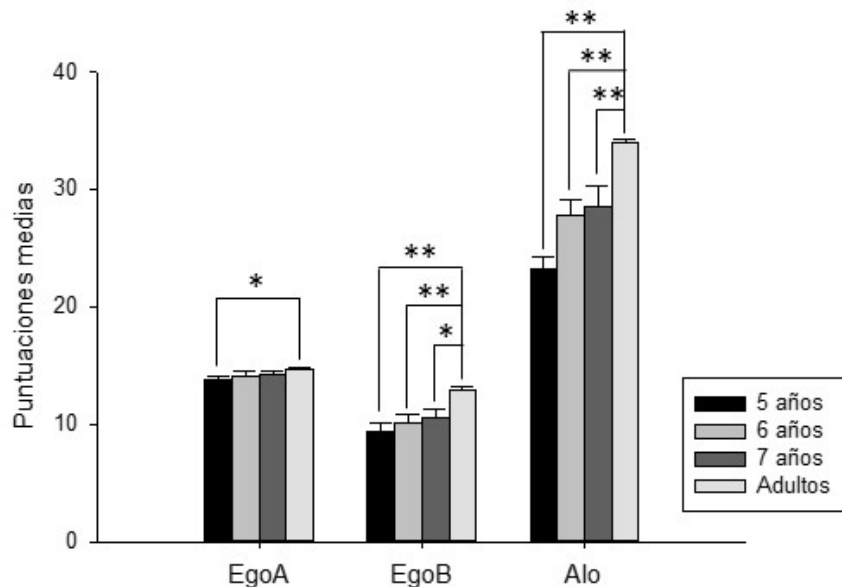


FIGURA 30. PUNTUACIONES MEDIAS OBTENIDAS EN LAS TAREAS A Y B EGOCÉNTRICAS Y TAREA ALOCÉNTRICA EN LOS GRUPOS DE NIÑOS Y EN LA MUESTRA ADULTA.

*Se encontraron diferencias significativas entre los adultos y los niños de todos los grupos de edad en la parte B Egocéntrica y tarea Alocéntrica, mientras que sólo el grupo de 5 años de edad obtuvo una puntuación inferior a la de los adultos en la parte A Egocéntrica. Ego A Egocéntrica parte A, Ego B Egocéntrica parte B, Alo Alocéntrica. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$*

En el segundo bloque alocéntrico, las diferencias se observaron entre los adultos y el grupo de 5 años ($p < 0,001$), mientras que, en el tercer bloque, estas se hallaron entre los adultos y los niños de 5 años ($p < 0,001$), 6 años ($p = 0,033$) y 7 años ($p = 0,033$). El primer bloque alocéntrico no mostró diferencias significativas entre los grupos ($p = 0,107$) (Figura 31). Tampoco se encontraron resultados significativos para la variable Género o la interacción entre Género x Edad.

4.3.2.2. Relación entre las tareas de orientación espacial en niños y adultos

A continuación, se procedió a analizar por separado las posibles asociaciones entre las propias tareas de orientación espacial (Tabla 66). En el caso de los adultos, no se observaron asociaciones estadísticamente significativas entre parte A Egocéntrica, parte B Egocéntrica y tarea Alocéntrica. En el caso de los niños, sí hallamos que la parte B Egocéntrica está significativamente relacionada con la tarea Alocéntrica total ($r = 0,305$; $p = 0,024$).

TABLA 66. CORRELACIÓN ENTRE LAS TAREAS DE ORIENTACIÓN ESPACIAL EN LA MUESTRA INFANTIL Y ADULTA

		Niños			Adultos		
		EgoA	EgoB	Alo	EgoA	EgoB	Alo
EgoA	Correlación de Pearson	1	,222	,220	1	,217	-,180
	Sig. (bilateral)		,103	,107		,111	,189
EgoB	Correlación de Pearson		1	,305*		1	,257
	Sig. (bilateral)			,024			,058
Alo	Correlación de Pearson			1			1
	Sig. (bilateral)						

*Ego A Egocéntrica parte A, Ego B Egocéntrica parte B, Alo Alocéntrica; * p<0,05*

4.3.2.3. Comparación entre los marcos de referencia egocéntrico y alocéntrico en niños y adultos

En último lugar, se procedió a comparar dentro de cada grupo el rendimiento en las diferentes tareas de orientación. En primer lugar, en el grupo de adultos, hemos observado diferencias significativas entre las partes A y B Egocéntricas ($F_{1,53}=45,834$; $p<0,001$; $\eta^2=0,464$). Por otra parte, también encontramos diferencias significativas entre la puntuación Egocéntrica total y el test Alocéntrico ($F_{1,53}=21,567$; $p<0,001$; $\eta^2=0,289$). Finalmente, observamos diferencias significativas entre los bloques alocéntricos analizados conjuntamente ($F_{2,52}=3,610$; $p=0,034$; $\eta^2=0,122$), observando que, concretamente, estas diferencias se dan entre los bloques 1 y 3 ($t_{54}=-2,613$; $p=0,011$; $d=0,364$) (Figura 31). Ninguna de estas comparaciones reveló resultados estadísticamente significativos para la variable Género.

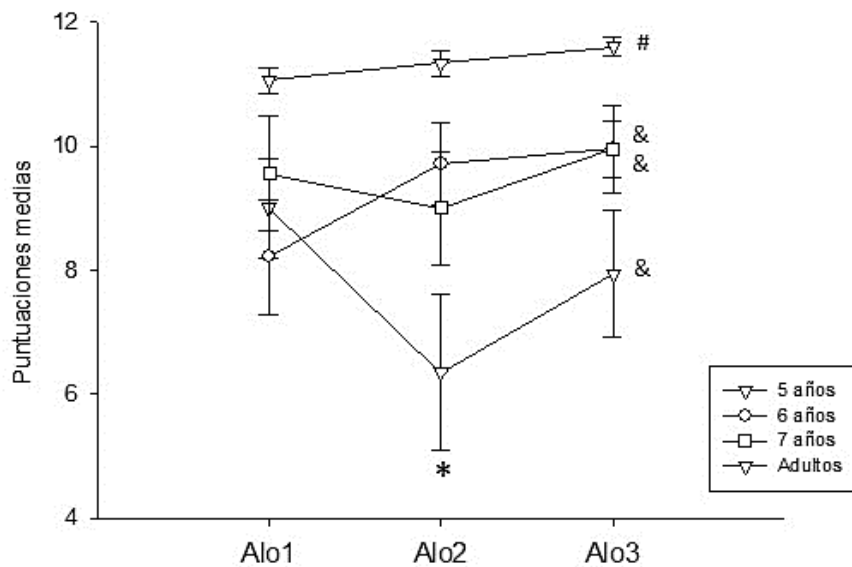


FIGURA 31. PUNTUACIONES MEDIAS EN LOS BLOQUES ALOCÉNTRICOS (ALO 1, 2 Y 3) EN LOS GRUPOS DE NIÑOS SEGÚN SU EDAD Y EN LOS ADULTOS.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de adultos y el de 5 años en el segundo bloque ($p < 0,001$) y entre los adultos y todos los grupos de niños en el tercer bloque (& $p < 0,05$). Además, en el propio grupo de adultos, se ha observado un rendimiento significativamente mejor en el tercer bloque que en el primero (# $p = 0,011$).*

En los grupos de niños, hallamos diferencias significativas entre las partes A y B Egocéntricas a los 5 años ($F_{1,15} = 25,672$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,631$), a los 6 años ($F_{1,17} = 19,711$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,537$), y a los 7 años ($F_{1,17} = 24,441$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,590$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las puntuaciones Egocéntrica total y Alocéntrica en ninguno de los grupos de edad ($p = 0,879$; $p = 0,166$ y $p = 0,088$; respectivamente para los 5, 6 y 7 años). Finalmente, tampoco se encontraron en los niños resultados significativos entre los bloques alocéntricos 1, 2 y 3, ni se observaron resultados significativos basados en el Género.

4.3.3. Orientación espacial egocéntrica y alocéntrica en el envejecimiento no patológico (Trabajo original VIII)

4.3.3.1. Comparación de los marcos de referencia egocéntrico y alocéntrico entre adultos jóvenes y ancianos

En primer lugar, se observaron diferencias significativas entre el grupo joven y el grupo mayor en la tarea Egocéntrica A ($U = 160$; $p < 0,001$; $Z = -3,181$; $r = 0,428$), Egocéntrica B ($U = 250$; $p = 0,031$; $Z = -2,196$; $r = 0,296$), Alocéntrica ($U = 88,5$; $p < 0,001$; $Z = 5,150$; $r = 0,694$), Amplitud Espacial Directa ($U = 30,5$; $p < 0,001$; $Z = -5,981$; $r = 0,806$) y Amplitud Espacial inversa ($U = 81$; $p < 0,001$; $Z = -5,108$; $r = 0,689$), sin diferencias para el test de Orientación de Líneas de Benton ($U = 362$; $p = 0,972$). Los resultados gráficos de las tareas experimentales se muestran en la Figura 32, así como las medias y desviaciones típicas de cada grupo en la Tabla 67 en todas las tareas neuropsicológicas.

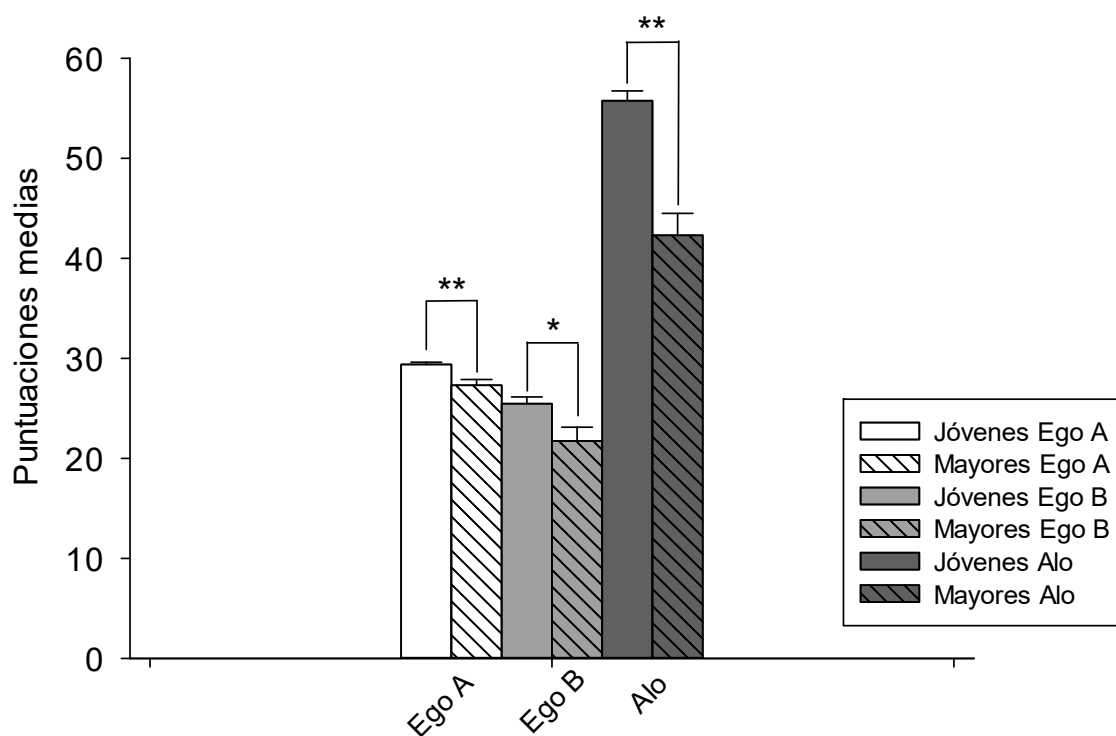


FIGURA 32. PUNTUACIONES MEDIAS DE LAS TAREAS EGOCÉNTRICA A (EGO A), EGOCÉNTRICA B (EGO B) Y ALOCÉNTRICAS (ALO) EN LOS GRUPOS DE JÓVENES Y MAYORES

. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en Ego A, Ego B y Alo (** $p < 0,001$; * $p = 0,031$)

TABLA 67. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS (DT) EN EL GRUPO JOVEN Y MAYOR EN LAS PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICAS

	Jóvenes Media (Desv. Tip.)	Mayores Media (Desv. Tip.)
Egocéntrica A	29,39 (1,19)**	27,30 (2,99)
Egocéntrica B	25,46 (3,56)*	21,74 (7,14)
Alocéntrica	55,75 (5,14)**	42,30 (11,37)
Orientación de líneas	25,43 (6,38)	24,37 (3,55)
Amplitud directa	6,68 (1,27)**	4,70 (0,82)
Amplitud inversa	7,46 (0,92)**	5,15 (0,81)

** $p < 0,01$

4.3.3.2. Comparación entre el marco de referencia egocéntrico y allocéntrico en los ancianos

Comparando el rendimiento entre diferentes tareas espaciales en el grupo de ancianos, hemos obtenido diferencias significativas al comparar la parte A Egocéntrica con la parte B ($Z=-3,801$; $p<0,001$; $r=0,731$), obteniendo un mejor rendimiento en la parte A. Sin embargo, no encontramos diferencias entre el rendimiento de las tareas Allocéntrica y Egocéntrica total ($p = 0,639$).

En el análisis más detallado de la tarea Allocéntrica, hemos observado que los adultos jóvenes puntúan significativamente mejor que el grupo mayor en cada uno de los bloques de esta tarea: 1 ($U=102,5$; $p<0,001$; $Z=-4,593$; $r=0,619$), 2 ($U=105$; $p<0,001$; $Z=-4,571$; $r=0,616$), 3 ($U=152$; $p<0,001$; $Z=-3,983$; $r=0,537$), 4 ($U=163$; $p<0,001$; $Z=-3,729$; $r=0,502$) y 5 ($U=232$; $p=0,003$; $Z=-0,293$; $r=0,039$). Además, analizando el rendimiento en los diferentes bloques en cada grupo por separado, encontramos diferencias significativas entre las puntuaciones de los bloques para el grupo mayor ($\chi^2_4=53,312$; $p<0,001$; $r=0,703$), pero no para el grupo joven ($p=0,443$). El análisis post-hoc de Bonferroni (considerando como significativos aquellos resultados cuya $p<0,005$) reveló que estas diferencias se focalizaban al comparar el primer bloque, con puntuaciones más bajas, con el segundo ($p<0,001$; $r=0,484$), el tercero ($p=0,001$; $r=0,467$) y el quinto ($p=0,001$; $r=0,462$), así como puntuaciones significativamente más bajas en el cuarto bloque en comparación con al quinto ($p=0,004$; $r=0,384$) (Figura 33).

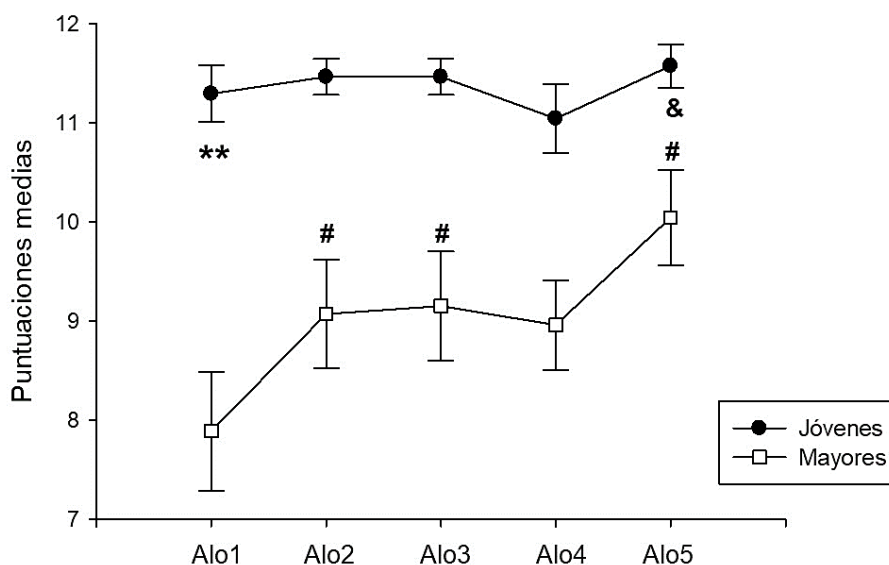


FIGURA 33. PUNTUACIONES MEDIAS EN LOS BLOQUES ALOCÉNTRICOS (ALO1, 2, 3, 4, Y 5) EN LOS GRUPOS DE JÓVENES Y MAYORES.

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos entre todos los bloques (** $p<0,01$). En el grupo mayor, se encontró un efecto de aprendizaje, donde el rendimiento del primer bloque fue significativamente peor que el del segundo, tercer y quinto bloque (# $p<0,05$), mientras que la puntuación del cuarto bloque fue significativamente más baja que la del quinto (& $p<0,05$).

4.3.3.3. Diferencias de género en la orientación egocéntrica y allocéntrica entre adultos jóvenes y ancianos

Por otra parte, en el análisis de acuerdo al género, observamos que los hombres jóvenes superaron significativamente a los hombres mayores en la parte A Egocéntrica ($U=25,5$; $p=0,006$; $Z=-2,758$; $r=0,575$), la parte B Egocéntrica ($U=18,5$; $p=0,004$; $Z=-2,948$; $r=0,614$), y Allocéntrica total ($U=8$;

$p < 0,001$; $Z = -3,599$; $r = 0,750$), mientras que las mujeres jóvenes sólo obtuvieron puntuaciones significativamente más altas que las mujeres mayores en la tarea Alocéntrica ($U = 31,5$; $p < 0,001$; $Z = -4,033$; $r = 0,713$) (Figura 34). No se han hallado diferencias significativas al comparar el rendimiento de hombres mayores y mujeres mayores en ninguna de las tareas ($p > 0,05$).

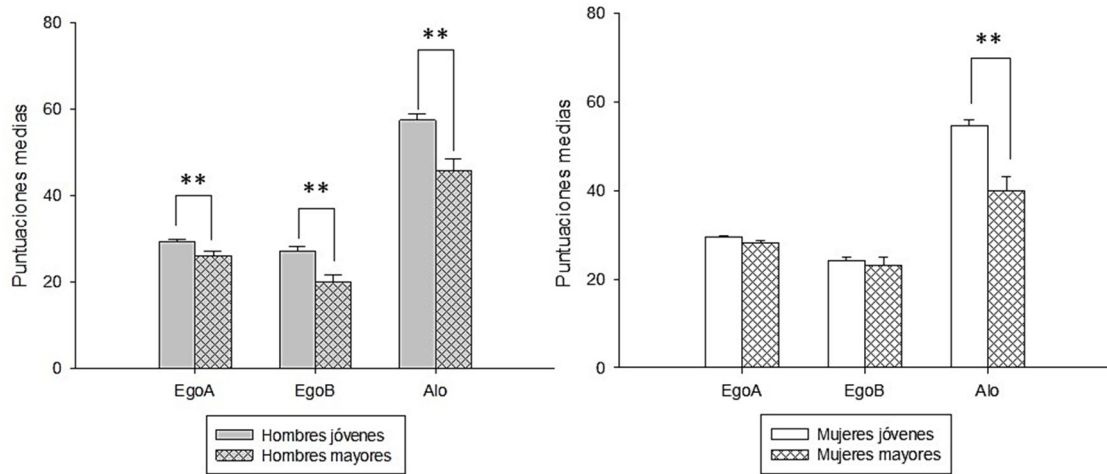


FIGURA 34. PUNTUACIONES MEDIAS EN LAS TAREAS EGOCÉNTRICAS, PARTES A Y B (EGO A Y EGO B), Y TAREA ALOCÉNTRICA (ALO) EN JÓVENES Y MAYORES SEGÚN SU GÉNERO.

Se encontraron diferencias significativas en Ego A, Ego B y Alo entre hombres jóvenes y mayores, mientras que solo se observan diferencias significativas en Alo en la comparación entre mujeres jóvenes y mayores.

*** $p < 0,01$.*

4.3.3.4. Relación entre el rendimiento en orientación espacial y otras funciones neuropsicológicas en los ancianos

Al analizar las posibles relaciones entre las medidas cognitivas, hemos encontrado que en el grupo de adultos mayores existe una asociación significativa entre la prueba alocéntrica y el test MoCA ($r = 0,415$; $p = 0,031$) (Tabla 68). En cuanto a las posibles asociaciones entre las propias tareas de orientación espacial (Tabla 69), hallamos que las puntuaciones obtenidas en las tareas Egocéntrica parte A y Egocéntrica parte B están significativamente asociadas ($r = 0,679$; $p < 0,001$), así como también lo están la tarea Egocéntrica parte B y la tarea Alocéntrica total ($r = 0,436$; $p = 0,023$).

TABLA 68. CORRELACIÓN ENTRE LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA CON LOS TEST MOCA, AMPLITUD ESPACIAL DIRECTA E INVERSA Y TEST DE ORIENTACIÓN DE LÍNEAS DE BENTON EN EL GRUPO MAYOR

		MoCA	Amplitud directa	Amplitud inversa	Orientación de líneas
Egocéntrica A	Correlación de Spearman	,014	,043	,217	-,371
	Sig. (bilateral)	,944	,830	,277	,057
Egocéntrica B	Correlación de Spearman	,295	,219	,207	,028
	Sig. (bilateral)	,135	,272	,300	,891
Alocéntrica	Correlación de Spearman	,415*	,264	,069	,183
	Sig. (bilateral)	,031	,184	,733	,360

MoCA Montreal Cognitive Assessment Test* $p < 0,05$

TABLA 69. CORRELACIÓN ENTRE LOS TEST DE MEMORIA ESPACIAL EGOCÉNTRICA Y ALOCÉNTRICA EN EL GRUPO MAYOR.

		Egocéntrica A	Egocéntrica B	Alocéntrica
Egocéntrica A	Correlación de Spearman	1	,679**	,163
	Sig. (bilateral)		,000	,416
Egocéntrica B	Correlación de Spearman		1	,436*
	Sig. (bilateral)			,023
Alocéntrica	Correlación de Spearman			1
	Sig. (bilateral)			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.3.4. Orientación espacial a lo largo del ciclo vital: funcionamiento en la infancia y en el envejecimiento no patológico

Se procedió en último lugar a realizar un análisis conjunto de los tres grupos de edad (niños, ancianos y adultos jóvenes) en su rendimiento egocéntrico y allocéntrico. Hemos encontrado diferencias significativas entre los grupos de edad en todas las variables: Egocéntrica parte A ($H_2=14,844$; $p=0,001$), Egocéntrica parte B ($H_2=23,491$; $p<0,001$), Allocéntrica total ($H_2=47,541$; $p<0,001$) y sus bloques 1 ($H_2=26,390$; $p<0,001$), 2 ($H_2=27,688$; $p<0,001$) y 3 ($H_2=35,515$; $p<0,001$) (Figura 35).

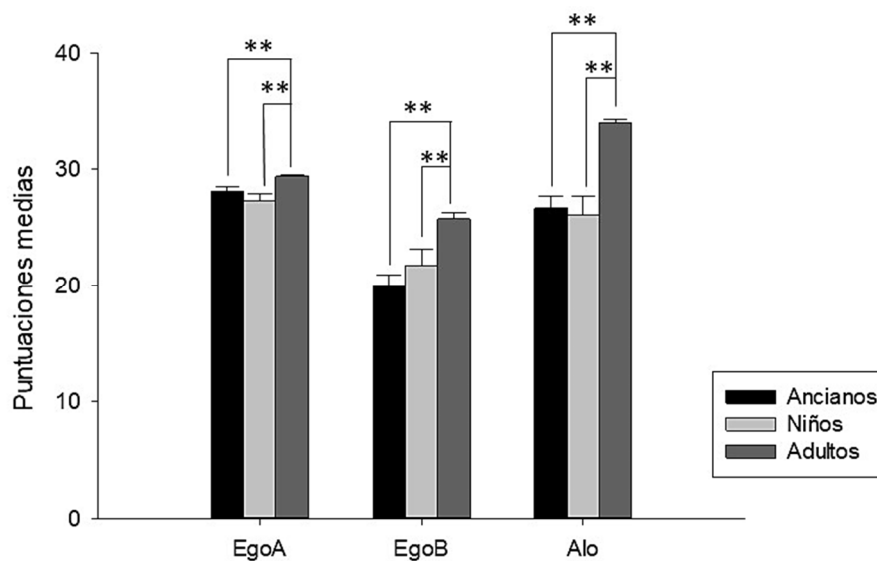


FIGURA 35. PUNTUACIONES MEDIAS OBTENIDAS POR LOS GRUPOS ANCIANOS, NIÑOS Y ADULTOS EN LAS TAREAS A EGOCÉNTRICA (EGO A), B EGOCÉNTRICA (EGO B) Y ALOCÉNTRICA (ALO).

*Se observan diferencias significativas en Ego A, Ego B y Alo al comparar al grupo los adultos con los niños, así como al comparar a los adultos con los ancianos. ** $p<0,01$*

Dado que la comparativa de niños con adultos y de ancianos con adultos ya se han analizado con detalle en los apartados posteriores, confirmando que los adultos obtienen mejor rendimiento que los niños y los ancianos en todas las tareas, se procedió a examinar las diferencias halladas entre el grupo de niños y el de ancianos. Así, no hemos observado diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las medidas de orientación espacial entre estos grupos ($p>0,016$, según la corrección de Bonferroni). En último lugar, dado que se había objetivado que el género era una variable a considerar en la población anciana, se procedió a analizar a niños y ancianos varones, por un lado, y a niñas y ancianas, por otro. Si bien nuestros hallazgos no muestran diferencias significativas para la comparación de los grupos de mujeres, sí hallamos diferencias significativas en la parte A Egocéntrica en los varones ($H_3=9,167$; $p=0,027$). Sin embargo, en los análisis post-hoc ($p<0,016$ según Bonferroni), no hallamos ninguna comparación que alcance dicha significación.

5. Discusión

5.1. Memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo en niños prematuros y a término

5.1.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?

El principal propósito que nos hemos planteado con esta investigación es la evaluación de la memoria visoespacial antes de los 2 años de edad. Dicho protocolo de evaluación, Bebé-mnemo, ha sido diseñado de acuerdo con los hallazgos encontrados en la literatura previa, donde se ha podido objetivar que una completa evaluación de la memoria visoespacial debería incluir aspectos como varios cambios de localización entre cuatro posibles ubicaciones diferentes, así como varios periodos de espera o demora. Todo ello se puede implementar en el mismo dispositivo experimental, facilitando su aplicación por parte del evaluador y que además está diseñado con elementos manipulativos, llamativos y luminosos para favorecer la motivación del niño. Por otra parte, en base a los estudios previos, podemos observar cómo o bien seleccionan edades por debajo del primer año o bien por encima de los dos años, dejando así una franja de edad que no ha sido analizada en profundidad y que, por dicho motivo, nos hemos propuesto evaluar en esta investigación.

No solo nos hemos planteado evaluar el desarrollo normalizado de la memoria a corto plazo y de trabajo visoespaciales entre el primer y segundo año de vida, sino también analizar dicho desarrollo en una población de riesgo para el desarrollo de problemas neuropsicológicos, como es la prematura. En este sentido, nos hemos planteado tanto analizar los cursos evolutivos de niños a término por un lado y de niños prematuros por otro, así como comparar directamente entre ambos grupos. Este último objetivo se propone con la finalidad de comprobar si existen alteraciones en la memoria visoespacial en la población prematura a estas edades. Si bien sabemos que estos problemas se han encontrado en niños prematuros de mayor edad, hasta la fecha, los estudios que analizan esta capacidad en momentos del desarrollo más temprano arrojan resultados contradictorios. Así pues, nuestro estudio suma a toda esa literatura previa tratando de clarificar si efectivamente se trata de una capacidad afectada a dichas edades o no. Este protocolo puede emplearse para continuar investigando sobre el desarrollo de la memoria, tanto en edades posteriores en el desarrollo normalizado, como en otras poblaciones clínicas, con el objetivo de verificar si en otros trastornos o condiciones se trata de una capacidad afectada. También relacionado con esto último, el dispositivo Bebé-mnemo puede aplicarse con finalidades clínicas, de nuevo, para tratar de emitir un diagnóstico temprano del funcionamiento de estas habilidades. El objetivo último de evaluar estas capacidades en momentos tan precoces del desarrollo es aprovechar un momento de elevada plasticidad cerebral, donde la detección temprana posibilita la puesta en marcha de protocolos de estimulación tempranos mucho más eficientes.

Dentro de nuestros propósitos para este estudio también se encontraba relacionar nuestra tarea experimental con otras previamente empleadas para medir estas capacidades de memoria visoespacial (Hide and Seek), así como incluir medidas de desarrollo cognitivo general, que nos han servido tanto para verificar el desarrollo normal de los niños nacidos a término como para evaluar el desarrollo de los niños prematuros, los cuales, presumiblemente y en base a estudios previos, deberían encontrarse levemente por debajo del nivel esperado para su edad. Todo ello nos ha servido tanto para dotar de una mayor validez a nuestra tarea experimental, debido a su asociación con otras medidas de memoria, como para caracterizar cognitivamente a nuestra muestra, entendiendo que el desarrollo de los niños a estas edades funciona de una forma mucho más global y que la evolución de una capacidad está inexorablemente ligada a la mejora de otras muchas funciones. Por último, y debido a que debemos considerar el funcionamiento del niño en su conjunto, hemos incluido la dimensión conductual y temperamental en nuestro estudio, entendiendo que el comportamiento y el carácter de los niños participantes es una parte fundamental para interpretar correctamente su rendimiento cognitivo. Así pues, nuestra investigación no solo se focaliza en evaluar la memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial, sino también en considerar otros posibles factores relacionados, tales como el desarrollo cognitivo generalizado, la conducta o el estilo temperamental predominante.

Nuestros principales hallazgos apuntan a que la capacidad de memoria a corto plazo visoespacial está afectada en la población prematura con respecto a la población control, siendo nuestro paradigma Bebé-mnemo sensible a dichas diferencias a los 22 meses y la tarea Hide and Seek, a los 12. Dichas dificultades parecen responder a diferencias en el desarrollo cerebral en la prematuridad, principalmente en áreas hipocampales. No hemos encontrado en todas las edades que los niños prematuros obtuvieran un menor rendimiento cognitivo, cuestión esperable en esta población. Tampoco parece haber diferencias en el estilo temperamental de prematuros y a término, aunque sí las ha habido en la conducta. Es posible que una conducta más colaboradora en la muestra prematura unida al hecho de que se trata de una población de riesgo de bajo a moderado, podría haber favorecido un mejor rendimiento cognitivo en esta población. También hemos comprobado en el desarrollo normalizado que el final del primer año de vida, en torno a los 22 meses, parece un momento evolutivo clave en el que memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial, se desarrollan de una manera más notable, indicando que el desarrollo de la memoria visoespacial no es lineal o progresivo durante este primer año de vida, probablemente debido a un patrón de desarrollo no lineal de diferentes áreas prefrontales. En el caso de la población prematura, este patrón de desarrollo no se cumple, sino que únicamente se observa una mayor tolerancia a la demora a sus 22 meses. Estos resultados podrían venir dados por otras alteraciones cerebrales, principalmente en cortezas parietales y prefrontales, que, sumadas al daño hipocampal, podrían estar perjudicando el desarrollo esperable de estas funciones mnésicas. Otras tareas de memoria visoespacial previamente propuestas también nos permiten evaluar dichas capacidades durante este primer año de vida, aunque parecen menos sensibles que nuestra tarea experimental a los cambios producidos durante este periodo en la población a término, pero parecen detectar mejor los avances evolutivos que ocurren en la muestra prematura. Si bien el rendimiento obtenido en una y otra tarea está relacionado, el uso de diferentes metodologías podría hacer que ambas tareas no sean directamente comparables en todas sus mediciones. El rendimiento en memoria visoespacial está claramente asociado al rendimiento cognitivo generalizado tanto en niños de desarrollo típico como en prematuros, lo que nos indica, por un lado, que las capacidades cognitivas a estas edades tan tempranas son difícilmente dissociables las

unas de las otras y, por otro lado, que a medida que crece la carga cognitiva que los niños son capaces de asumir, esto se refleja en una mejor ejecución en las tareas de memoria visoespacial. Además, parece de vital importancia considerar el comportamiento del niño durante la sesión de evaluación, así como su estilo de temperamento predominante, en vistas a la relación que estas variables guardan con el rendimiento neuropsicológico. Las conductas adaptativas parecen promover mejores resultados, mientras que los comportamientos desadaptativos, así como el estilo temperamental difícil, perjudican el desempeño. Por último, aunque parece importante considerar ciertos factores asociados al nacimiento prematuro, tales como la edad gestacional o el peso del neonato, no hemos encontrado que dichas variables parezcan relacionarse con los resultados cognitivos. No obstante, esto podría ocurrir por tratarse de una muestra relativamente homogénea en dichas medidas. Por otra parte, también parece relevante tener en cuenta la presencia de otras posibles variables, como los procedimientos de fecundación in vitro, apneas o hemorragias intraventriculares, dado que pueden ser factores de potencial riesgo en el desarrollo de limitaciones cognitivas en el futuro de estos niños, aunque dichos hallazgos deben ser considerados con cautela.

5.1.2. Diferencias entre prematuros y a término de 12 a 22 meses en memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo, desarrollo generalizado, conducta y temperamento

5.1.2.1. Comparación entre prematuros y a término en memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo

En primer lugar, nos habíamos propuesto analizar si existían diferencias en la memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo entre niños nacidos a término y niños prematuros. Comenzando por la tarea *Bebé-mnemo*, hemos comprobado que los niños prematuros presentan un menor rendimiento que los nacidos a término en la memoria visoespacial a los 22 meses, concretamente en la capacidad para recordar una ubicación entre cuatro posibles (*Localización*), así como para manipular y actualizar dicha información una vez aprendida (*Actualización*).

Así pues, estos resultados son comparables con algunos de los obtenidos previamente en la literatura. Por ejemplo, en relación con el aprendizaje de localización, hemos visto que en tareas que incluyen 3 posibles ubicaciones, los niños nacidos muy prematuros a los 24 meses requieren una mayor cantidad de tiempo y ensayos para recordar dicha localización (Woodward y cols., 2005), así como los niños prematuros de 3 años nacidos con peso extremadamente bajo necesitan igualmente mayor número de ensayos para aprender la ubicación de 9 tarjetas sobre una cuadrícula (Baron y cols., 2010). Nuestros propios resultados en prematuros de 5 a 7 años de muy bajo o de extremadamente bajo peso al nacer en una tarea donde los niños deben memorizar y ubicar una serie de ítems sobre una rejilla también muestran un rendimiento ligeramente por debajo de su grupo normativo a la hora de posicionar correctamente dichos ítems (Fernandez-Baizan, Alcántara-Canabal, Solis, y Mendez, 2020). Todo ello apunta a que la población prematura presenta dificultades en la memoria a corto plazo visoespacial, iniciándose estas antes de los dos años de edad y prolongándose durante la infancia.

Por otro lado, y sin embargo, parece que prematuros y controles son capaces de tolerar aproximadamente el mismo periodo de demora. Los hallazgos previos son relativamente contradictorios, encontrando estudios que prematuros a edades más tempranas (de 2,5 a 6,5

meses) rinden igual que los controles (Wilcox y cols., 1996), mientras que a los 8 meses, rinden por debajo (Sun y cols., 2009), o incluso, de los 7 a los 15, consiguen superar a los nacidos a término (Matthews y cols., 1996). En edades más avanzadas, de 3 a 4 años, los prematuros rinden por debajo de los controles cuando la demora es superior a los 5 segundos (Vicari, Caravale, Carlesimo, Casadei, y Allemand, 2004). No obstante, estos estudios manejan tiempos de demora variables, moviéndose en rangos desde los 0 hasta los 30 segundos. Además, la mayoría de estos estudios no analiza la variable segundos de demora de forma aislada, es decir, considera globalmente la ejecución de la tarea de memoria con una demora impuesta. Matthews y colaboradores (1996) sí consideran los segundos de demora tolerados como variable de análisis, hallando que estos van en aumento en función a la mayor edad del niño, independientemente de su pertenencia al grupo prematuro o a término, y que, además, los niños prematuros toleraban más segundos de demora que los controles solo a edad corregida, no cronológica. También Vicari y colaboradores (2004) analizan el rendimiento de los niños en función a diferentes demoras impuestas (1, 5 o 10 segundos), encontrando que los prematuros solo ejecutan peor la tarea en las modalidades de 5 y 10 segundos. Por todo ello, aunque es difícil en base a los datos disponibles establecer conclusiones, parece que el tiempo durante el cual los niños prematuros son capaces de mantener activa una información de tipo visoespacial es equivalente al de los controles y, por tanto, esta faceta de la memoria visoespacial no parecería estar afectada en la prematuridad.

En cuanto a la capacidad de actualizar la información anteriormente aprendida, a edades más tempranas que las registradas en nuestra investigación, a los 8 meses en concreto, se encuentra que los niños prematuros tienen mayor dificultad para resolver una tarea tipo A no-B que incluyen hasta 3 localizaciones (Sun y cols., 2009), aunque dichas complicaciones también se encuentran a edades superiores, como a los 24 meses también entre 3 posibles ubicaciones (Woodward y cols., 2005), así como entre los 2 y los 3 años entre 2 posibles localizaciones (Espy y cols., 2002). No obstante, este peor rendimiento de la población prematura en tareas basadas en A no-B no se confirma en todos los estudios. Así pues, bebés prematuros más pequeños, de 2,5 a 6,5 meses, obtuvieron un rendimiento similar a los controles en una tarea que requería una respuesta visual (Wilcox y cols., 1996) y que más de la mitad de los prematuros de peso extremadamente bajo al nacer evaluados entre los 18 y 22 meses consiguió resolver adecuadamente este tipo de tarea en una versión manipulativa (Lowe y cols., 2009). Incluso, algunos autores encuentran que si bien no hay diferencias entre prematuros y controles de 7 a 15 meses en edad cronológica, los prematuros a edad corregida superan en rendimiento a los controles en tareas tanto visuales como manipulativas (Matthews y cols., 1996). Además, en paradigmas basados en A no-B, si la tarea implica varios ensayos en la misma localización (A), para después cambiar dicha ubicación a una nueva (B), más centrado por tanto en la capacidad de actualización o *shifting*, prematuros y controles de 2 a 3 años rinden igual (Espy y cols., 2002). Esta gran variabilidad de resultados puede darse por diferentes motivos. Uno de los principales son las características que definen la muestra prematura en cada estudio, no solo en la cantidad de niños evaluados o en las edades registradas, sino en sus variables neonatales, tales como edad gestacional, peso al nacer, circunferencia craneal y factores de riesgo perinatal. No obstante, la relación entre la ejecución en tareas de memoria y dichos factores será examinada con mayor detalle en apartados posteriores. Otro de los posibles motivos son las diferencias en las metodologías empleadas. A pesar de que todas estas tareas están basadas en el paradigma A no-B, algunas incluyen una tercera ubicación (Sun y cols., 2009), aunque otras no necesariamente la emplean como localización objetivo, sino como distractor (Woodward y cols., 2005). Algunas emplean una versión manipulativa (Espy y cols., 2002; Lowe y

cols., 2009; Sun y cols., 2009; Woodward y cols., 2005), otras visual (Wilcox y cols., 1996) y otras, ambas metodologías (Matthews y cols., 1996). Además, algunas imponen un periodo de demora, como ya hemos comentado (Espy y cols., 2002; Matthews y cols., 1996; Sun y cols., 2009; Wilcox y cols., 1996), y otras no permiten recuperar el objeto de forma directa, a diferencia del paradigma clásico (Woodward y cols., 2005). Cabe destacar que, a nivel de metodología, este último estudio sigue un procedimiento relativamente similar al nuestro, ya que nuestra tarea tampoco permite que el niño acceda al juguete directamente, sino que debe hacerlo por medio de otro objeto y otra acción, incrementando así la complejidad. En resumen, todos estos motivos hacen difícil poder establecer una conclusión definitiva sobre si antes de los dos años de edad los niños prematuros tienden a presentar problemas en su capacidad de actualizar información espacial previamente aprendida, esto es, en su memoria de trabajo visoespacial. Por ello, sería necesario contar con un mayor volumen de estudios dedicados al tema para poder esclarecerlo.

No obstante, sí que parece mucho más confirmado que en edades posteriores estas alteraciones sí se encuentran. De esta forma, los niños prematuros de 3 a 4 años nacidos antes de la semana 34 de gestación muestran una peor memoria de trabajo espacial en una tarea en la que deben hallar un juguete entre 6 posibles ubicaciones (Caravale, Tozzi, Albino, y Vicari, 2005) y a los 11 años, tanto muy prematuros como prematuros moderados presentan peor rendimiento en tareas de memoria de trabajo visoespacial computarizadas (Fitzpatrick, Carter, y Quigley, 2016). En la adolescencia, los nacidos muy prematuros muestran específicamente un menor rendimiento en su memoria de trabajo visoespacial, aunque no en otras funciones neuropsicológicas (Saavalainen y cols., 2007) e incluso en la etapa adulta, sujetos adultos jóvenes que nacieron prematuramente y con muy bajo peso al nacer presentan menor capacidad de memoria de trabajo, tanto verbal como visoespacial, en comparación con adultos controles (Aanes y cols., 2015). Por tanto, es posible pensar que estas diferencias emergen de una forma más consistente en momentos más avanzados del desarrollo y parecen mantenerse a lo largo de la infancia y adolescencia, llegando incluso hasta la adultez. No obstante, no toda la literatura concuerda con estos hallazgos. Así pues, si bien no se hallan diferencias en la ejecución de una tarea de memoria de trabajo visoespacial entre muy prematuros o prematuros de muy bajo peso y controles de 7 a 12 años, sí se observa un patrón de activación cerebral diferencial durante la tarea: los prematuros implicaban áreas parietales superiores bilaterales, mientras que los controles activaban más regiones frontales izquierdas y precúneo derecho, las cuales estaban además positivamente asociadas con un mejor rendimiento en la tarea, independientemente de si se pertenecía al grupo control o prematuro (Mürner-Lavanchy y cols., 2014). Ello apunta a que un posible desarrollo cerebral diferencial en la población prematura puede ser la que causa estas diferencias en memoria visoespacial. Esta idea parece respaldada por otras investigaciones donde, ya a los 2 años de edad, los niños muy prematuros o de muy bajo peso al nacer que ejecutaron peor diferentes tareas de memoria visoespacial presentaban menor volumen hipocampal bilateral (Beauchamp y cols., 2008). Entre los 6 y 11 años también se ha observado que los niños prematuros de muy bajo peso al nacer presentan menor volumen hipocampal que niños a término, concretamente, en el giro dentado bilateral y el subículo derecho, y que, además, una menor memoria de trabajo visoespacial se asocia específicamente con un menor volumen en el giro dentado derecho (Aanes y cols., 2019). Estas diferencias en el volumen hipocampal en la población prematura parecen prevalecer incluso hasta la adultez, encontrando de nuevo una relación directa entre el volumen de estas estructuras y el desempeño en tareas de memoria de trabajo (Aanes y cols., 2015). No obstante, parece que existen otras bases neuroanatómicas implicadas en el correcto desempeño de la memoria en los

niños prematuros. Así pues, se han hallado afectaciones más globales en las sustancias blanca y gris a nivel general tanto a edades más tempranas (Woodward y cols., 2005) como en momentos posteriores de la infancia (Clark y Woodward, 2010), así como alteraciones corticales más focales, tanto en momentos postnatales tempranos (Bouyssi-Kobar y cols., 2018) como en etapas más avanzadas de la infancia (Mürner-Lavanchy y cols., 2018) y del ciclo vital (Nam y cols., 2015). Concretamente en prematuros recién nacidos, parecen hallarse alteraciones en la organización microestructural de áreas prefrontales, parietales, somatosensoriales y visuales (Bouyssi-Kobar y cols., 2018). En los adolescentes nacidos prematuros, se objetiva un adelgazamiento cortical difuso en las cortezas prefrontales, occipitales, temporales e ínsula, mientras que estos mismos sujetos en la etapa adulta joven, muestran menor volumen en el polo temporal izquierdo y corteza ventromedial derecha comparativamente a su grupo control (Nam y cols., 2015). Si bien en este último estudio el menor rendimiento en test de memoria obtenido por los nacidos prematuros no se relacionaba con las diferencias neuroanatómicas halladas, sí se encuentra en adultos nacidos prematuros que una menor complejidad cortical, esto es, una medida combinada de girificación y espesor cortical, localizada en áreas temporales, parietales, giro cingulado posterior y corteza occipital, se relaciona con menores puntuaciones en escalas de inteligencia general, hallando, además, que la complejidad cortical del parietal se asociaba con las puntuaciones obtenidas en una medida de desarrollo a los 20 meses en esta población (Hedderich y cols., 2020). Concretamente hablando de memoria de trabajo, niños muy prematuros que mostraron un mejor rendimiento en esta función, tanto verbal como visoespacial, también presentaban una menor superficie cortical global, hallando además que esta población, en comparación con los controles, presentaba mayor adelgazamiento cortical lateralizado hacia su hemisferio derecho (Mürner-Lavanchy y cols., 2018). Más concretamente, referido solo a memoria visoespacial, aunque tanto niños extremadamente prematuros como controles implicaron áreas parietales y prefrontales para la resolución de la tarea, los prematuros mostraron una menor activación en dichas regiones, especialmente focalizada en las áreas frontopolares y orbitofrontales (Tokariev y cols., 2019). Todos estos hallazgos tomados conjuntamente apuntan, como comentábamos, a un patrón de desarrollo cerebral diferente en los prematuros, que parece apuntar especialmente a las estructuras hipocampales como un área vulnerable, y que unido a alteraciones en la estructura y funcionamiento de diferentes regiones corticales, puede explicar este peor funcionamiento de la memoria de trabajo espacial en esta población.

Por otra parte, observamos que la medida de Reconocimiento no permite discriminar adecuadamente entre los prematuros y los controles, pudiendo indicar que la identificación y reconocimiento de objetos en el corto plazo está preservada en esta población. En este sentido, debemos mencionar que esta fase de la tarea *Bebé-mnemo* tiene la particularidad de ser la única que no evalúa ningún componente de tipo espacial. De acuerdo al modelo de procesamiento visual dorsal y ventral, sabemos que la función de localizar espacialmente los estímulos en el entorno está disociada de la que identifica dichos estímulos (Atkinson y Nardini, 2008). Ambas estas vías han sido estudiadas en población prematura a diferentes edades, tanto en infancia (Atkinson y Braddick, 2007; Santos, Duret, Mancini, Gire, y Deruelle, 2009) como ya en la adolescencia (Tinelli y cols., 2014) y en la vida adulta (Chaminade, Leutcher, Millet, y Deruelle, 2013), encontrando que solo la vía dorsal, la que nos permite ubicar los objetos en el espacio, está afectada, mostrando la vía ventral, la que identifica dichos estímulos, con un funcionamiento normal. Además, en los adultos nacidos prematuros se observó que en la tarea de procesamiento dorsal se implicaba en mayor medida el giro lingual, mientras en los controles, lo hacía el giro supramarginal (Chaminade

y cols., 2013), indicando, de nuevo, que la población prematura puede presentar un patrón de activación cerebral diferencial para las funciones espaciales. Con ello, todos estos datos apoyan nuestros resultados, no siendo esperable, en base a la literatura previa, hallar diferencias en el reconocimiento de estímulos, ni tampoco previendo que esta capacidad pueda verse afectada en el desarrollo posterior.

Por otro lado, atendiendo a los datos cuantitativos y comenzando por la medida de Localización, observamos que si bien los controles obtienen un rendimiento que alcanza un efecto techo ($11,67 \pm 1,04$ sobre 12 puntos posibles), los prematuros presentan aún un leve margen de mejoría ($9,73 \pm 1,09$). En este sentido, sería interesante conocer en qué momento del desarrollo consiguen los prematuros igualar este rendimiento “techo” de los controles, y por ello, un seguimiento en el largo plazo podría resultar interesante para resolver esta cuestión. En el caso de los datos cuantitativos de la tarea de Actualización, observamos en ambos grupos que todavía no existe un dominio completo de la tarea (controles $5,87 \pm 2,85$ y prematuros $2,87 \pm 0,76$ sobre una puntuación total de 9), siendo más marcado en el caso de los prematuros. Por ello, en ambas poblaciones, a término y prematura, podría ser interesante ampliar el rango de edad estudiado, para conocer cuándo la ejecución de esta tarea alcanza un efecto techo y si ambas poblaciones siguen o no el mismo curso de desarrollo.

Asimismo, las variables cualitativas de Bebé-mnemo parecen aportar menos información valiosa, dado que no detectan diferencias entre controles y prematuros, a diferencia de las cuantitativas, a partir de las cuáles sí somos capaces de objetivar diferencias en el rendimiento. Cabe destacar, aludiendo a estas variables de ejecución, que las mayores diferencias entre los grupos se observan a los 12 y a los 22 meses. Así pues, a nivel descriptivo, destaca la cantidad de niños prematuros de 22 meses que presentan dificultades para tolerar cualquier tipo de demora (20%), mientras que todos los niños controles sí lo logran. Igualmente, los niños prematuros muestran problemas para actualizar la información aprendida, hallando que un gran número de niños de 22 meses no consiguen realizar esta tarea con éxito (46,7%), mientras que prácticamente todos los controles lo logran en alguno de los primeros bloques (primero 60% y segundo 26,7%). A los 12 meses, la mitad de los niños prematuros no logra tolerar demora (55%), dato más elevado que en los controles (37,5%), y, mientras que los resultados de los niños a término son variados en la tarea de actualización (primer bloque 31,3%, segundo 25%, tercero 6,3% y no actualiza 37,5%), los prematuros se caracterizan o bien por no conseguirlo (65%) o por lograrlo en el primer bloque (30%). En cuanto a los bloques en los que los niños logran superar el criterio de Localización, observamos que no existen grandes diferencias entre controles y prematuros, datos contrarios a estudios previos (Woodward y cols., 2005), donde hallan que un 26% de la muestra prematura a los 2 años de edad, frente a un 13% de la control, no supera un criterio de aprendizaje mínimo. En cambio, en nuestro estudio, hallamos que los prematuros muestran un aprendizaje de localización relativamente exitoso, similar al de los controles. Podría ocurrir, por tanto, que nuestro paradigma experimental fuera más fácil de aprender que el propuesto por dichos autores, que, efectivamente, incluye un mayor número de pasos (tales como eliminar una barrera que impide al niño acceder al objeto) y puede convertirlo en una tarea más complicada de resolver, tanto para controles como para prematuros. En conclusión, si bien estos datos cualitativos no nos permiten diferenciar significativamente el rendimiento entre grupos, sí pueden complementar la evaluación cuantitativa y ayudarnos a definir el perfil de ejecución de los niños prematuros.

Además de nuestro propio paradigma experimental, hemos analizado también una segunda tarea de memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo, para poder complementar los datos de nuestra tarea con otras ya previamente utilizadas. Así pues, analizando la tarea Hide and Seek, observamos que, a los 12 meses, los niños prematuros rinden por debajo de los nacidos a término, cometiendo mayor número de errores y menor proporción de respuestas correctas, pero que parecen igualar su rendimiento en las edades posteriores. Observamos, por tanto, que los datos obtenidos de Bebé-mnemo y Hide and Seek no coinciden, a pesar de que el objetivo de ambas tareas es evaluar la memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo. No obstante, debe considerarse que ambas cuentan con metodologías diferenciadas. Así, mientras que en la tarea Hide and Seek el juguete se esconde en una localización y el acto motor de acceder a ese mismo sitio permite recibir el objeto, en nuestra tarea Bebé-mnemo, el aprendizaje que debe hacer el niño es más complejo. Así pues, la ubicación donde se esconde el juguete (plataforma oculta) y la ubicación sobre la que el niño debe emitir una respuesta motora (presionar el pulsador) no coinciden. Esto es, el niño debe ser capaz de establecer una relación espacial y/o causal por la cual la ubicación memorizada (pulsador) le lleve a acceder al escondite del objeto (plataforma). De esta manera, podríamos afirmar que la tarea Hide and Seek emplea, en terminología del desarrollo de la cognición espacial, claves coincidentes - aquellas en las que el estímulo objetivo se encuentra directamente asociado a las características particulares de su ubicación o escondite -, mientras que nuestra tarea experimental Bebé-mnemo emplea claves no coincidentes - aquellas en las que el estímulo objetivo debe ser encontrado siguiendo posiciones relativas relacionadas con el lugar meta -. En estudios previos, ya se ha podido comprobar que cuando la localización espacial no aparece claramente señalada mediante claves coincidentes, los niños perseveran hasta los dos años de edad tras haber modificado la posición inicial del objeto (Spencer y cols., 2001). Si bien en nuestra tarea Bebé-mnemo las localizaciones espaciales sí están definidas (plataformas y pulsadores), también requiere que empleen claves no coincidentes. Por tanto, a nivel metodológico, el procedimiento experimental de Bebé-mnemo se aleja de tareas como Hide and Seek y se asemeja más al de otras, como la tarea *MultiSearch MultiLocation (MSML)* empleada por Woodward y colaboradores (2005). Entre los principales puntos en común que presentan ambos procedimientos destacan que el niño no puede acceder directamente al juguete oculto (el hueco de la plataforma en nuestra tarea y una caja opaca con una rendija lo suficientemente pequeña como para que el niño no pueda acceder con su mano en la tarea de Woodward), sino que debe realizarlo por medio de otro objeto (pulsadores en nuestra tarea y figuras geométricas unidas por un cordón a las bolsas donde se esconde el juguete en el caso del estudio de Woodward) y que ambas requieren de una fase específica de entrenamiento en el manejo del aparataje. En cambio, Hide and Seek presenta una metodología más similar a los paradigmas A no-B, donde el destapar o levantar una caja lleva directamente a la obtención del objeto y no requieren de entrenamiento previo en su uso. Nuestro procedimiento sin duda añade un componente extra de complejidad, al igual que lo hace la tarea *MSML*, con el que no cuenta Hide and Seek. Por este motivo, puede que Hide and Seek sea más útil para detectar diferencias entre controles y prematuros a edades más tempranas, debido a que su procedimiento es más sencillo, y otras como Bebé-mnemo o *MSML*, de mayor dificultad, en edades más avanzadas. Por tanto, aunque todas estas tareas tengan como objetivo evaluar la memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo, no lo hacen de la misma forma, convirtiéndolas así en tareas complementarias que pueden aportar información relevante sobre estas capacidades en momentos evolutivos diferentes.

5.1.2.2. Comparación entre prematuros y a término en desarrollo generalizado

Por otro lado, también nos propusimos examinar el desarrollo cognitivo generalizado en los grupos a término y prematuros, con el objetivo de proporcionar una caracterización cognitiva más amplia de este último grupo y, al igual que en las tareas de memoria, poder verificar si existía algún retraso en el desarrollo. Así pues, hemos observado que parece existir un menor desarrollo cognitivo y desarrollo generalizado en los niños prematuros a los 12 meses, aunque dichos datos tienden a equipararse con el de los nacidos a término a partir de los 15. Sorprendentemente, los prematuros superan a los a término a los 18 meses de edad en todas las subescalas, aunque vuelven a igualarse de nuevo a los 22, a excepción de la coordinación visomotora.

La literatura previa, tanto en investigaciones aisladas (Begega y cols., 2010; Howe, Sheu, Hsu, Wang, y Wang, 2016; Mangin, Horwood, y Woodward, 2017) como en revisiones o metaanálisis (Allen, 2008; Arpi y cols., 2019; Bhutta y cols., 2002), muestra que los niños prematuros en momentos posteriores del desarrollo tienden a mostrar puntuaciones inferiores que sus compañeros nacidos a término en test de desarrollo o inteligencia generalizados. En el caso de los estudios en edades más cercanas a la de nuestra muestra, se halla que los niños muy prematuros y de muy bajo peso a los dos años presentan significativamente menor índice cognitivo y motor, especialmente este último, en comparación con los controles, en torno a una desviación típica por debajo (Woodward y cols., 2005). Por otra parte, a los 8 meses de edad, los niños muy prematuros solo rinden peor que los controles en la escala motora, pero no la cognitiva (Sun y cols., 2009). Incluso, nuestros propios datos cualitativos muestran que los niños prematuros parecen tener un desarrollo motor grueso más tardío que los controles, concretamente en los meses a los que logran permanecer sentados (7,02 para los controles y 7,75 para los prematuros) y a los que logran caminar con apoyo (10,79 para los controles y 11,85 para los prematuros). No obstante, analizando en detalle las características de la muestra en los estudios previos, podemos observar resultados más variables. Por ejemplo, las puntuaciones más bajas o los valores límites en CI o desarrollo generalizado suelen encontrarse en las poblaciones o muy prematuras o de muy bajo peso (Arpi y cols., 2019; Begega y cols., 2010; Mangin y cols., 2017; Sun y cols., 2009; Woodward y cols., 2005) y así, cuando se analizan datos de niños prematuros de bajo peso, que supone una categoría de menor riesgo para el desarrollo de problemas cognitivos, estos presentan puntuaciones medias en CI, con solo un 9,3% de la muestra situada en valores límites (Fan y cols., 2013). Si bien abordaremos las características de nuestra población junto con otros valores de riesgo perinatal en apartados posteriores, nuestra muestra se situaría predominantemente en bajo peso al nacer y prematuridad moderada. Esto nos indica que estos niños, a pesar de su condición de prematuros, serían una población de bajo riesgo de presentar dificultades cognitivas. Sin embargo, no todos los estudios encuentran que estos niños de menor riesgo puntúen cerca de la normalidad y así, los padres de prematuros de moderados a tardíos evaluados a los 2 años reportan un menor desarrollo cognitivo de sus hijos, comparativamente a las familias del grupo control (Johnson y cols., 2015). Por tanto, si bien parece que estas poblaciones podrían presentar menor riesgo de desarrollo de problemas cognitivos en comparación a otros prematuros de menor edad gestacional o menor peso, también podrían encontrarse en una situación de vulnerabilidad para el desarrollo de estos problemas. Por otro lado, sería conveniente continuar investigando esta cuestión, considerando especialmente la categoría de edad gestacional y peso al nacer de esta población.

Otra de las razones por las que puede no apreciarse un menor desarrollo en los prematuros se debe a las características del grupo control. Observando los datos baremados podemos objetivar que, contrariamente a lo que cabría esperar, los controles presentan puntuaciones normativas más bajas que los prematuros, bastante cercanas a una desviación típica por debajo de la media, a pesar de que todos han puntuado en un rango normal. Diferentes factores no controlados en la investigación podrían estar motivando estos resultados, tales como el ambiente en que se aplicaron las tareas o la ausencia de los progenitores durante la evaluación, dado que la valoración de estos niños ocurrió en su escuela de educación infantil. También, como discutiremos más adelante, un comportamiento más o menos proactivo mostrado durante la evaluación podría haber afectado negativamente a los resultados. Cabe destacar que esta misma tendencia a puntuar levemente por debajo de la media, aunque de una forma menos acusada, se aprecia también en los prematuros en las diferentes edades medidas. Estos datos resultan sorprendentes no solo por observar esta misma propensión hallada en los a término, sino porque el carácter longitudinal de estos datos nos está indicando que este patrón a la baja se da en los mismos niños medidos en momentos diferentes. Si bien es cierto que la batería de desarrollo *gold standard* es la escala Bayley III, la batería Merrill-Palmer también ha sido empleada en el estudio de otras poblaciones patológicas (Dempsey y cols., 2018), así como de diferentes etnias (Floyd, Gathercoal, y Roid, 2004), mostrando unas adecuadas propiedades psicométricas y una evaluación libre de sesgos. Por tanto, no parece que se trate de una batería inadecuada para la evaluación cognitiva temprana. Por ello, es posible que otros motivos, como los procedentes de las condiciones de evaluación o de las poblaciones examinadas en este estudio, pudieran tener que ver con esa tendencia a la baja en las puntuaciones obtenidas por los niños. No obstante, no disponemos de suficientes datos para establecer posibles conclusiones con respecto.

5.1.2.3. Comparación entre prematuros y a término en conducta durante la evaluación y estilo de temperamento

Otro de nuestros objetivos fue el de analizar posibles diferencias entre controles y prematuros en tanto a cómo se comportaron durante la sesión, así como cuál era su temperamento predominante, con el objetivo de caracterizar tanto temperamental como conductualmente a la muestra prematura, así como para poder ver si ambos grupos difieren también en estas variables. En primer lugar, a nivel conductual, encontramos que, en comparación con los nacidos a término, los niños prematuros a los 15 meses tendieron a mostrarse más irritables durante la evaluación, pero que, contrariamente, mostraron una conducta más proactiva a los 18 y 22. Por ello, parecen haber existido diferencias en la conducta manifestada durante la sesión entre prematuros y controles a todas las edades, con excepción de los 12 meses.

En niños prematuros de mayor edad, existe relativo acuerdo en la literatura en una mayor tendencia a presentar problemas de conducta, especialmente problemas en la atención y en otras conductas internalizantes (Aarnoudse-Moens y cols., 2009; Alcantara-Canabal y cols., 2018; Cassiano y cols., 2016), con menor acuerdo para las externalizantes, aunque también se encuentran en algunas investigaciones (Potijk y cols., 2012). Así, se ha llegado a describir, incluso, un fenotipo de conducta en los prematuros (Johnson y Marlow, 2011), donde destacarían problemas como la inatención, la ansiedad y las dificultades sociales, perfil corroborado también en otros estudios (Delobel-Ayoub y cols., 2009; Hutchinson, De Luca, Doyle, Roberts, y Anderson, 2013; Johnson y cols., 2010). En prematuros más pequeños, los resultados apuntan a mayores problemas externalizantes, manifestados a través de conductas de oposición o de agresividad, y

también internalizantes, con mayor presencia de disregulación emocional (Cassiano y cols., 2016). Dichos resultados concordarían con los datos de irritabilidad a los 15 meses, pero no al resto de las edades. Existen diversas explicaciones que podrían justificar estos datos. Por un lado, que nuestras medidas de conducta no reflejan el comportamiento habitual del niño, a diferencia de estas investigaciones anteriormente mencionadas, sino que se ciñen a las conductas que han aparecido durante la sesión de evaluación. Por otro lado, parece que también a estas edades tempranas se han encontrado diferentes trayectorias según las cuales se explica cómo estos primeros problemas emocionales continúan durante el resto de la infancia (Gerstein, Woodman, Burnson, Cheng, y Poehlmann-Tynan, 2017). Así, aquellos prematuros que mostraron conductas más disruptivas siendo bebés, alcanzaban su pico máximo de manifestación de dichas conductas entre los 24 y 36 meses, pero manifestaban una conducta mucho más regulada a los 6 años. Se asume en esta trayectoria que, realmente, estas conductas disruptivas siguen el mismo patrón que en los nacidos a término, donde existe un momento en el desarrollo temprano infantil en el que las conductas de llanto, rabietas y de ansiedad por separación con respecto a las figuras de apego emergen y son totalmente esperables en el desarrollo normalizado. En cambio, en aquellos prematuros que mostraron un nivel más moderado de conductas externalizantes durante dicho periodo de edad se observó una relativa estabilidad de dichas conductas en la infancia más tardía, sumado a una mayor presencia de conductas internalizantes, que, aunque permanecieron en un nivel bajo y subclínico, se fueron incrementando con la edad. Estos datos demuestran que el presentar un patrón de conducta a edades tempranas no necesariamente condiciona que dicha trayectoria deba seguirse en los momentos posteriores del desarrollo, y, por otra parte, que las conductas de irritabilidad en este contexto no tienen por qué interpretarse como señales patológicas, sino como evolutivamente esperables. Por tanto, incluso aunque estas conductas de irritabilidad pudieran alcanzar valores normativos muy por encima de lo esperado, tampoco podríamos concluir que estos niños presenten problemas de externalización ni serían extrapolables a otros contextos de su vida diaria.

Por otro lado, aunque la relación entre las manifestaciones de conducta y el rendimiento alcanzando en memoria será analizado en cada grupo posteriormente, estos datos podrían apuntar que el rendimiento más bajo obtenido por los prematuros en la tarea Bebé-mnemo no parece estar motivado por el factor conductual. Esto es, dado que las puntuaciones más bajas en esta prueba se hallan a los 22 meses y los prematuros a esta edad se han mostrado más colaboradores durante la sesión, este peor rendimiento no parece estar justificado por la mayor presencia de conductas disruptivas. No sería posible tampoco descartar que si los controles se hubieran mostrado tan proactivos como lo hacían los prematuros, las diferencias halladas en este test pudieran haber sido aún mayores. Tampoco parece posible determinar que las menores puntuaciones en la tarea Hide and Seek obtenidas por los prematuros de 12 meses puedan tener que ver con su conducta, dado que controles y prematuros se comportaron de forma relativamente similar. Sin embargo, esto no se cumple en el caso de la escala Merrill-Palmer. Comentábamos anteriormente que los niños prematuros a los 18 meses superaban a los controles en sus puntuaciones normativas. Atendiendo ahora a los datos baremados de la conducta Activa, observamos de nuevo que los controles obtienen valores bastante más bajos que los prematuros, quienes se sitúan prácticamente una desviación típica por encima de la media (93,61 en el caso de los controles y 113,57 en el caso de los prematuros). Por ello, es por lo que quizás en este caso la conducta sí haya influido positivamente en el grupo prematuro, permitiéndoles conseguir mejores resultados en la escala de desarrollo, más acordes con su grupo normativo, mientras puede haber

afectado negativamente al grupo control, haciendo que un comportamiento menos colaborador haya perjudicado su ejecución. Como ya mencionamos, algunas cuestiones relacionadas con la administración de las tareas, tanto el lugar como la presencia o ausencia de figuras de apego significativas podría relacionarse con estos hallazgos.

Analizando ahora el temperamento, parece que prematuros y controles tienden a mostrar unas características temperamentales similares. En primer lugar, entendemos por temperamento un estilo comportamental generalizado que ha sido estudiado desde diferentes aproximaciones. Por un lado, se han identificado 9 dimensiones según los estudios clásicos de Thomas y Chess: Nivel de actividad, Regularidad, Aproximación/retirada, Adaptabilidad, Umbral de respuesta, Intensidad de la reacción, Calidad del estado anímico, Distracción y Capacidad de atención y persistencia (Zentner y Bates, 2008). Finalmente, estos mismos autores definieron 3 tipos de tipología de temperamento: el difícil, el lento y el fácil (Zentner y Bates, 2008), dimensiones equivalentes a las encontradas en la escala empleada en nuestra investigación. Sin embargo, otras aproximaciones están basadas en un modelo neurobiológico, como en el enfoque de Rothbart, quien distingue las dimensiones de Surgencia-extraversión, definida como anticipación positiva, nivel de actividad y búsqueda de sensaciones; Afectividad negativa, que incluye incomodidad social, frustración, enfado y miedo, y Control de esfuerzo, entendido como regulación atencional y capacidad de inhibición (Zentner y Bates, 2008). Así pues, aunque existen más aproximaciones, en la literatura tienden a usarse estos dos enfoques. De esta forma, parece que los niños prematuros a estas edades tempranas tienden a presentar un temperamento que según el modelo de Thomas y Chess se caracterizaría por menor Capacidad de atención y persistencia, y según el modelo neurobiológico de Rothbart, por menor focalización atencional en la dimensión de Control del esfuerzo, y mayor nivel de actividad en la dimensión de Surgencia, estando esta última influida por la edad gestacional (Cassiano y cols., 2020). En otras investigaciones que también hallan menor control atencional y mayor actividad, han sido identificados otros factores influyentes tales como una menor edad (18 meses comparativamente a 36) (Cassiano y cols., 2017), mayor número de días de ingreso en la UCI neonatal (Cassiano y cols., 2017) o mayor número de experiencias estresantes relacionadas con el dolor neonatal (intubaciones, inserciones intravenosas, etc.) (Gaspardo, Cassiano, Gracioli, Furini, y Linhares, 2018). Cuando, en cambio, se consideran los tres tipos de temperamento enunciados también por Thomas y Chess – fácil, difícil y temeroso –, los niños muy prematuros a los 8 meses no muestran diferencias temperamentales con respecto al grupo control (Sun y cols., 2009) y solo un 11% de una muestra prematura pudo ser clasificada en la categoría de temperamento difícil, siendo el 89% restante considerados como niños de temperamento fácil (Sajaniemi y cols., 2001). En este sentido, observamos que los datos que se disponen actualmente caracterizan el perfil temperamental del prematuro a edades tempranas más bien basado en características cognitivas o neuropsicológicas - como es el control de la inhibición y la regulación atencional - que puramente conductuales, si bien en la práctica y a estas edades, ambas dimensiones son casi indivisibles. Es por ello que dado el modelo teórico sobre el que se basa la herramienta empleada en este estudio y dados los hallazgos previos encontrados, nuestros resultados sí concuerdan con los estudios previos, no encontrando diferencias entre prematuros y controles en las dimensiones temperamentales que hemos considerado.

5.1.3. Desarrollo evolutivo de la memoria visoespacial en niños a término de 12 a 22 meses

En primer lugar, nos hemos propuesto analizar el curso de desarrollo de diferentes capacidades relacionadas con la memoria visoespacial en niños nacidos a término de desarrollo normalizado. Así, hemos podido comprobar como a lo largo del primer año de vida, las distintas funciones de memoria visoespacial van mejorando en diferentes momentos evolutivos y con cursos de desarrollo diferenciados.

Comenzando por la herramienta Bebé-mnemo, en primer lugar, observamos que la capacidad para memorizar una ubicación espacial entre 4 localizaciones posibles (Localización) parece desarrollarse notablemente a los 22 meses de edad, al compararse con los 12, 15 y 18 meses. Este patrón de desarrollo, que también veremos que se repite en otras capacidades relacionadas con la memoria visoespacial, muestra que la mejora de la memoria de localización entre el primer y segundo año de vida no se produce de manera lineal. En este sentido, Pelphrey y colaboradores (Pelphrey y cols., 2004) hallan un incremento más notable en la capacidad de memoria visoespacial hacia el final del primer año de vida, apuntando también a que parece producirse un cambio más marcado en un momento concreto del desarrollo y no mejorara de manera progresiva. No obstante, parece que al menos a partir de los 18 meses, las capacidades de memoria a corto plazo y de trabajo se van incrementando muy progresivamente desde este primer año y medio hasta al menos los 5 años de edad, a diferencia de otras funciones ejecutivas, como la inhibición o la flexibilidad cognitiva complejas, que parecen comenzar su desarrollo en momentos más tardíos de la infancia y progresar de una forma más acusada en menos tiempo (Garon y cols., 2014). Así, puede ocurrir que, en edades más tempranas, inferiores a al año y medio de edad, el desarrollo de estas funciones mnésicas siga un patrón más irregular, tendiendo a ser más progresivo a partir de dicha edad. Por otro lado, aunque ya conocemos que la habilidad para recordar una ubicación entre dos disponibles ya está presente en niños de 12 meses, tal y como se ha podido comprobar con las tareas de tipo A no-B (Diamond y Goldman-Rakic, 1989; Piaget, 1954), observamos que en niños de esta edad es posible realizar esta misma tarea con relativa eficacia si se añaden cuatro localizaciones. Así pues, aunque la ejecución sea mejor a los 22 meses, ya el 62,5% de los niños de 12 meses consiguen aprender la localización espacial, bien en el primer (50%) o en el segundo bloque (12,5%). Estudios previos (Pelphrey y cols., 2004) encuentran que a partir de los 8 meses los niños son capaces de ejecutar una tarea de memoria a corto plazo entre 4 posibles ubicaciones, obteniendo los niños de 12 meses un porcentaje medio de aciertos del 60%, dato comparable a nuestros hallazgos. Aunque dichos resultados no hayan resultado estadísticamente significativos, sí que parece producirse un progresivo incremento en la cantidad de niños de 15 (56,3%) y 18 (66,7%) meses que aprenden en el primer bloque. Cabe destacar que solo a los 15 meses algunos niños han cumplido el criterio de aprendizaje en el tercer bloque de ensayos, mientras que, en el resto de las edades, o el criterio era superado en bloques previos o no era superado. Así, en base a los datos obtenidos, cabe replantearse la utilidad del tercer bloque de aprendizaje en esta tarea. Debemos destacar también que todos los niños de 22 meses superan el criterio de aprendizaje, hecho que no ocurre con los niños de menor edad. Así pues, otra posible perspectiva futura podría incluir un incremento de la dificultad para los niños de 22 meses en adelante, por ejemplo, introducir un único bloque de aprendizaje, incrementar el span atencional mostrando los seis pulsadores del dispositivo Bebé-mnemo en lugar de los cuatro actuales, reducir el número de

ejemplos realizados por el examinador en el bloque de aprendizaje, etc. con el objetivo de obtener una medida más compleja de memoria visoespacial a corto plazo.

Por otra parte, continuando con *Bebé-mnemo*, la capacidad de mantener la información en la memoria a corto plazo (Demora), así como de manipularla y actualizarla mediante la memoria de trabajo (Actualización) siguen el mismo patrón de desarrollo, donde a los 22 meses se alcanza el mejor rendimiento durante el primer año de vida, en comparación a los 12, 15 y 18 meses. Por tanto, frente a niños de menor edad, los niños de 22 consiguen un mayor tiempo de tolerancia de demora y logran actualizar la información previamente aprendida con mayor facilidad. Con respecto a la cantidad de tiempo tolerado en el periodo de demora, observamos que el menor tiempo lo obtiene el grupo de 12 meses ($5,13 \pm 8,06$), seguidos de los grupos de 15 ($10,25 \pm 11,21$) y 18 ($9,98 \pm 11,13$), quienes toleran periodos similares, y por último, el grupo de 22 ($21,33 \pm 11,60$), el que mayor demora tolerada obtiene. Si bien los datos descriptivos hallados a los 18 meses serían comparables a los obtenidos por Garon y colaboradores (Garon y cols., 2014), quienes introducen una demora de 10 segundos, resulta complicado equiparar los resultados del resto de grupos de edad. Aunque encontramos que a los 12 meses los periodos medios de demora tolerados suelen situarse en torno a los 10 segundos (Diamond y Goldman-Rakic, 1989; Pelphrey y cols., 2004), estos se obtienen solo cuando la tarea incluye dos ubicaciones. Así pues, al introducir cuatro localizaciones y aumentar con ello la carga de la memoria visoespacial, es posible que la demora media soportada por los niños a los 12 meses se reduzca drásticamente. Si bien Pelphrey y colaboradores (2004) encuentran que, desde los 6 meses hasta el primer año de vida, el incremento en la demora parece producirse progresivamente, nuestro estudio vuelve a apuntar una mejora más marcada justo al final del primer año de vida y comienzo del segundo, tal y como observábamos en la memoria de localización. Por otra parte, cabe también destacar la gran variabilidad en la cantidad de segundos de demora soportados. Esto es, incluso teniendo la misma edad, existen grandes diferencias en el tiempo que los niños son capaces de mantener la información visoespacial en la memoria y emitir una respuesta acorde a la previamente aprendida. Algunos posibles factores influyentes y no controlados que pudieran estar explicando esta variabilidad son, por ejemplo, el desarrollo de otras funciones cognitivas, tales como la capacidad inhibitoria, entendida en este contexto como la capacidad de esperar a que el examinador vuelva a darle acceso al dispositivo, o la presencia de factores conductuales, como el nivel de tolerancia a la frustración o de motivación durante la propia tarea, en este caso, relacionados con la capacidad para mantenerse atento y motivado mientras el dispositivo y el juguete están fuera de su alcance, sin manifestar enfado o rabietas por no conseguir su objetivo cuando el niño lo desea. Así pues, gran parte de la dispersión de estos datos es probable que se deba a alguna de estas variables. En líneas futuras, se podría tratar de incluir una medida de inhibición dentro del protocolo de evaluación, así como de registrar la presencia puntual de estas conductas durante la fase de Demora (tratar de acceder al dispositivo mientras permanece oculto, mostrar quejas o llantos durante la espera, etc.) con el objetivo de tratar de explicar esta variabilidad de los datos. Por otra parte, clasificando a los niños en tanto a si toleraban algún tipo de demora, no obteníamos diferencias significativas entre las edades. A nivel descriptivo, observamos que aproximadamente el mismo porcentaje de niños de 12, 15 y 18 meses (entre 61,1 y 68,8%) soportan algún tipo de demora, mientras que, en el caso de los 22 meses, todos los niños lo consiguen (100%). Así, podemos concluir que, a los 22 meses de edad, todos los niños que, además, superan el criterio de aprendizaje de memoria de localización también toleran cierto periodo de demora, mientras que, en el resto de las edades, superar dicho criterio de aprendizaje no supone automáticamente

ser capaz de tolerar demora. Entre las posibles razones que pueden explicar por qué los niños de menor edad no logran tolerar este periodo de espera pueden incluir, de nuevo, al funcionamiento de otras habilidades cognitivas, tales como la atención selectiva, que les permita inhibir distractores y concentrarse en la tarea; la inhibición, que permita contener la conducta de acceder al dispositivo a pesar de estar cubierto, así como de la propia memoria a corto plazo visoespacial, que permita mantener activa la imagen mental del Bebé-mnemo incluso a pesar de estar oculto. En último lugar, en base a las variables de tolerancia de demora y la cantidad de segundos soportados, parece que para analizar el desarrollo de esta capacidad durante el primer año de vida resulta más relevante considerar el periodo en segundos que puede mantener el niño la información en la memoria, que simplemente si se ha tolerado algún tipo de demora o no.

En cuanto a las medidas de Actualización, observamos de nuevo un rendimiento superior a los 22 meses al ser comparados con el resto de las edades en la puntuación total obtenida en esta fase. En primer lugar, estos datos apuntan a que la puntuación total obtenida en esta fase resulta más informativa y discriminativa entre las distintas edades que el bloque de aprendizaje en que esta es superada. En segundo lugar, encontramos que las puntuaciones alcanzadas a los 12, 15 y 18, ya sea en la suma de puntos totales o en el bloque de actualización, son muy similares, despuntando los resultados a los 22 meses, tal y como ocurría con las medidas anteriores. Sorprendentemente, de todas las edades registradas, es el grupo de 18 meses donde se observan los resultados cuantitativos y cualitativos más bajos. Factores no controlados, como los mencionados anteriormente, tales como el mantenimiento de la atención o de la motivación podrían estar influenciando estos resultados en este grupo de edad concreto. Igualmente, el margen de mejora para el desempeño de esta fase es aún muy amplio, encontrando que a los 15 y 18 al menos la mitad de los niños (50 y 55,6%, respectivamente) no logran actualizar en ninguno de los bloques, siendo este porcentaje de 37,5% en los niños de 12 y de solo un 13,3% para los 22 meses. Estos datos indican una falta de maduración de esta habilidad de actualización, que no parece ser aun totalmente funcional a dichas edades. Por otro lado, podemos objetivar una mejora notable a los 22 meses, indicando que esta capacidad comienza a ser más efectiva a partir de esta edad, tanto de manera independiente como con cierta ayuda por parte del evaluador. No obstante, hay también que mencionar que las puntuaciones directas y porcentajes alcanzados a esta edad distan mucho de lograr un efecto techo, como prácticamente obteníamos en las medidas anteriores de Bebé-mnemo. Así pues, la aplicación de esta medida en edades posteriores del desarrollo podría permitirnos terminar de dibujar el curso de desarrollo de esta capacidad.

Por último, encontramos que la medida de Reconocimiento no discrimina significativamente entre los grupos de edad. No obstante, ha de considerarse, por un lado, que la variable Reconocimiento se trata de una medida en la que se pregunta al niño por un juguete concreto entre los 3 disponibles, no permitiendo por tanto una complejidad creciente que sea más sensible al desarrollo asociado a la edad. Por otra parte, esta variable se introduce como medida inicial para la familiarización del niño con los estímulos a emplear, pero no va destinada a medir capacidades relacionadas con la memoria visoespacial, como sí ocurre en las fases siguientes. Por tanto, la falta de resultados significativos podría indicarnos que esta fase de la tarea Bebé-mnemo no resulta tan útil como otras tareas de memoria para captar las diferencias evolutivas a estas edades. Así pues, como ya discutimos, la capacidad para localizar estímulos en el entorno es distinta a la capacidad para identificar dichos estímulos, tal y como hace patente el modelo de la vía dorsal y ventral, respectivamente (Atkinson y Nardini, 2008). Además, sabemos que estas vías siguen cursos de desarrollo diferenciales en los niños sin patología, siendo la vía dorsal la que primero emerge en la

infancia (Atkinson y Braddick, 2007). Así, es posible que el más tardío desarrollo de la vía ventral pueda hacer que no se hallen mejoras en niños de esta edad.

A pesar de la ausencia de significación de las variables cualitativas, estas han resultado útiles para analizar una posible tendencia a la conducta perseverativa durante la resolución de Bebé-mnemo. Nuestros resultados apuntan a que aquellos niños que toleran algún tipo de demora también consiguen actualizar la información aprendida en los primeros bloques de la tarea. No obstante, si consideramos únicamente si el niño ha aprendido en el primer ensayo del primer bloque, es decir, tras el primer cambio de posición y ningún tipo de ayuda, observamos que un elevado número de niños no consiguen actualizar por sí mismos esta primera vez. Todo ello apunta a que efectivamente existe una tendencia a emitir una conducta perseverativa al inicio de la fase de Actualización, aunque también se observa que, a lo largo de la tarea, los niños consiguen comenzar a dar respuestas novedosas, tanto por sí mismos como con ayuda del examinador. En este tipo de tareas de memoria basadas en la búsqueda de un objeto, se entiende por perseveración aquella conducta del niño por la cual va a tratar de localizar dicho objeto en la ubicación anteriormente aprendida. Así, cuando un niño acude a la antigua localización a buscar un juguete que ha visto que se ha cambiado caben dos posibles explicaciones: que no recuerde la nueva ubicación o que esté perseverando. Diferentes autores defienden una y otra posibilidad. Así por ejemplo, Cummings (Cummings y Bjork, 1983a) apunta más hacia el olvido de la reciente información, ya que en dicho estudio no encuentran respuestas de tipo perseverativo. También la teoría propuesta por Munakata (Munakata, Morton, y Yerys, 2003) apoyaría que en la comisión de errores perseverativos juega un papel más relevante las limitaciones de una memoria en desarrollo que otros posibles factores. Por otra parte, aunque tal y como expone Diamond (Diamond, 1998), esta memoria de la nueva ubicación es verdaderamente frágil y tiende a desaparecer en poco tiempo, su teoría apunta a la concepción de la perseveración como motivo principal para la comisión de estos errores. Así, la perseveración podría surgir de la tendencia a mantener aquellas respuestas anteriormente reforzadas (Diamond, 1998), aunque también podrían venir motivadas por una tendencia a la estabilidad, ejecutando una conducta pasada que anteriormente obtuvo un resultado positivo en el presente (Clearfield, Diedrich, Smith, y Thelen, 2006). Con ello, se aporta una visión positiva e incluso adaptativa de la perseveración, considerándola como una forma de conducta que depende de la actividad previa experimentada por el organismo. Por otra parte, otro factor que modula la mayor o menor presencia de conductas perseverativas parece ser la actividad motora. Así, las respuestas perseverativas tienden a incrementarse si el niño debe ejecutar la respuesta motora en lugar de, simplemente, realizar un seguimiento visual (Hofstadter y Reznick, 1996) y, por ello, los paradigmas basados en la mirada del niño permiten observar cómo las conductas perseverativas pueden disminuir, comparativamente a los procedimientos que requieren una respuesta motora, ya a los 8 meses de edad (Baillargeon y cols., 1989). Dado que nuestra tarea se basa en una respuesta claramente motora, debemos asumir, por tanto, que la presencia de conductas perseverativas ha podido darse con mayor frecuencia que habiendo seguido otro tipo de procedimiento. En cuanto a lo hallado en estudios previos, existen diferentes resultados en tanto a la tendencia a perseverar en tareas de búsqueda motora a edades tempranas. Así, por ejemplo, se encuentra que en una tarea de búsqueda entre dos localizaciones, los niños de 5 y 6 meses no perseveran, aunque sí lo hacen los de 7 y 8 meses (Clearfield y cols., 2006). Entre tres posibles ubicaciones, no se halla tendencia a la perseveración en niños de 8 a 10 meses (Cummings y Bjork, 1983a). Entre cuatro localizaciones, se encuentra que los niños de 8 meses perseveran menos que los de 6, y, a su vez, los de 12 meses perseveran menos que los de

10 (Pelphrey y cols., 2004). En general, la mayoría de los autores concluyen que a mayor sea la edad del niño, menor tendencia a la perseveración (Pelphrey y cols., 2004). También parece que a los 9 meses, aquellos niños que se autocorrigieron, tras descubrir que en la antigua localización reforzada ya no está el objeto deseado, tienen mayor tendencia a, en los ensayos posteriores, buscar en la ubicación correcta (Reznick, Fueser, y Bosquet, 1998). Así pues, como posibles mejoras futuras para nuestro procedimiento, se podría incluir la posibilidad de permitir la autocorrección a los niños, en lugar de recibir ayuda del examinador. También podría incluirse la posibilidad de anotar el error cometido por el niño, señalando la primera localización a la que ha ido a buscar, para poder verificar que dichas equivocaciones se deban a realmente a perseveraciones o a otro posible tipo de error. En último lugar, dado que se ha visto que uno de los factores que favorece la perseveración son las respuestas repetidas en una misma ubicación, las cuales han sido reforzadas un gran número de veces, se podría plantear la posibilidad de alterar el orden de administración de las fases, introduciendo primero la fase de Actualización y posteriormente, la de Demora. Con ello podríamos asegurar que el niño conoce el manejo mínimo del aparato y recuerda la ubicación del juguete gracias a las fases de Entrenamiento y de Recuerdo de la Localización, pero no recibiría tantos ensayos como los que suceden en la fase de Demora.

Las bases neurales que sustentan todas estas capacidades mnésicas tempranas en el desarrollo normalizado están focalizadas en el desarrollo del lóbulo prefrontal, ligado a funciones de atención visual (Reynolds y cols., 2010), memoria de trabajo (Cuevas, Bell, y Calkins, 2013) y mantenimiento de la información en la memoria (Baird y cols., 2002). Aunque sabemos que es una de las regiones del cerebro que más tardíamente se desarrollan y establecen, también es cierto que la formación de algunas de sus principales estructuras ocurre prenatalmente. Así, algunos de sus surcos primarios (frontal superior, frontal inferior y precentral), se desarrollan durante la semana 25 y 26 de gestación, mientras que la arborización de las neuronas piramidales de las áreas dorsolateral y lateral se observan entre las semanas 17 y 25. Desde la semana 26 y hasta la 34, se produce una importante maduración dendrítica en las capas III y V, unida a una mayor diferenciación de las interneuronas de la capa V (Teffer y Semendeferi, 2012). Dado que la neurogénesis cortical y la migración neuronal parecen completarse tras la primera semana de vida postnatal, el resto de los cambios asociados al desarrollo cortical se deben a procesos como el crecimiento dendrítico y axonal, así como a la mielinización y sinaptogénesis (Li y cols., 2013). Así, aunque el crecimiento de las áreas prefrontales no alcanzará el nivel de un adulto hasta la adolescencia, se observa que, a los 2 años de edad, la densidad neuronal del córtex prefrontal es un 10% más alta que en los niños de 7 años y un 55% más alta que en los adultos (Teffer y Semendeferi, 2012). No solo eso, sino que durante los primeros 24 meses, diferentes áreas prefrontales son las que crecen en mayor medida. Así por ejemplo, desde el periodo postnatal hasta el primer año de vida, el crecimiento de la superficie cortical se da principalmente en cortezas como la orbitofrontal media y prefrontal lateral anterior, mientras que desde el primer hasta el segundo año de vida, este incremento se concentra en áreas prefrontales superiores, medias y orbitofrontales (Li y cols., 2013). Así pues, aunque el lóbulo prefrontal sea el último que termina su maduración, observamos que precisamente los niños evaluados en la presente investigación se encuentran en un momento del desarrollo donde la corteza prefrontal sufre importantes cambios, que, además, ocurren diferencialmente según las distintas áreas y según la edad del niño. Estos hechos podrían explicar, por un lado, la mejora que se da en las capacidades de memoria visoespacial a corto plazo y de trabajo entre el primer y segundo año de vida del niño, y por otro, que estos cambios no sean progresivos, sino repentinos, en ciertos momentos del desarrollo.

Por otro lado, observamos que en el test Hide and Seek, los resultados obtenidos son, al menos en parte, comparables con los hallados en el dispositivo Bebé-mnemo. Así, a los 22 meses de edad, se obtienen mejores puntuaciones en la fase de Retención, logrando además mayor número de aciertos y menor número de errores, en comparación a los 12 meses. No se encuentran, sin embargo, diferencias en los grupos de edad según la variable de Actualización, ni tampoco aparecen diferencias entre los 15 y 18 meses comparados con los 22. Así pues, esta herramienta apunta de nuevo a que la memoria de localización a corto plazo parece desarrollarse marcadamente en el periodo final del primer año de vida y comienzo del segundo, aunque en esta ocasión, el desarrollo parece más paulatino, al no hallarse diferencias a los 15 o 18 meses. Resulta sorprende la ausencia de significación en la medida de Actualización, dado que estas diferencias sí emergen en nuestra tarea experimental. No obstante, debemos tener en cuenta que a pesar de que tanto Hide and Seek como Bebé-mnemo se proponen como herramientas para evaluar la memoria a corto plazo y de trabajo, ambas cuentan con metodologías diferenciadas, tal y como se ha concretado anteriormente. Ha de considerarse también que la versión original de esta tarea iba dirigida a evaluar el desarrollo a partir de los 18 meses y con un tiempo de demora estable entre las diferentes edades. Así pues, es posible que tanto las edades como los ajustes metodológicos en tiempos de demora seleccionados para esta investigación no sean los óptimos para revelar estas diferencias por edades. Sin embargo, lo que sí podríamos concluir es que las fases de Demora y Actualización de Bebé-mnemo parecen ser ligeramente más sensibles a las mejoras asociadas a estas edades que las medidas de Actualización de esta versión modificada de Hide and Seek. La relación hallada entre estas dos tareas, Bebé-mnemo y Hide and Seek, será más concretada en el apartado 5.1.4.2. de la Discusión.

5.1.4. Relación entre las distintas medidas de memoria visoespacial, desarrollo cognitivo, conducta y temperamento en niños de desarrollo típico de 12 a 22 meses

5.1.4.1. Relación entre las subtareas Bebé-mnemo

En primer lugar, nos hemos propuesto analizar si las diferentes medidas de la tarea Bebé-mnemo guardaban algún tipo de relación entre sí. Así pues, en los análisis de correlaciones en la muestra general podemos observar como aquellas relaciones más débiles las encontramos en la fase de Reconocimiento con el resto de las medidas, relaciones moderadas entre la fase de Localización con las demás variables y relaciones más potentes entre las fases de Demora y Actualización. Estos resultados son coherentes con el propio funcionamiento de la tarea, ya que la fase de Reconocimiento es la menos asociada con las demás medidas, debido a que no mide memoria visoespacial ni es un requisito para continuar administrando el resto de las fases. Por otra parte, la medida de Localización se relaciona con la Demora y Actualización de una forma moderada, ya que, una vez superado el criterio de aprendizaje de Localización, se administran necesariamente las otras dos fases. En último lugar, la mayor asociación se encuentra entre Demora y Actualización probablemente porque son aquellas fases más cognitivamente demandantes y de mayor dificultad.

Analizando edad por edad, vemos que, a los 12 meses, se relaciona la medida de Localización tanto con Demora como con Actualización. Así pues, como comentábamos, la superación del criterio de

aprendizaje parece posibilitar que los niños ya a los 12 meses toleren cierto periodo de demora y consigan actualizar la información que antes aprendieron, o, dicho de otra forma, es probable que los niños de 12 meses que aprenden la localización espacial también mantengan esta información en el tiempo y sean capaces de manipularla y actualizarla. A los 15 y 18 meses, estas asociaciones se focalizan entre las fases más complejas de la tarea, Demora y Actualización. De esta forma, una mayor tolerancia de demora se relaciona también con una mayor capacidad de manipularla y sustituirla por nueva información a dichas edades. Por último, a los 22 meses se obtiene un patrón de relaciones similar al encontrado en la muestra conjunta. Así, la capacidad para reconocer diferencialmente un objeto se relaciona con la capacidad para aprender su ubicación espacial, y a su vez, este aprendizaje de localización se relaciona con la habilidad para, posteriormente, sustituirlo por un nuevo aprendizaje de cambio de posición. También a esta edad, al igual que ocurría en los grupos de 15 y 18 meses, ser capaz de mantener durante más tiempo la información aprendida se asocia con una mejor capacidad para actualizar dicha información. Este mayor número de asociaciones que se encuentra a los 22 meses frente al resto de los grupos puede indicarnos cierto patrón de desarrollo cognitivo más globalizado en el que diferentes aspectos mnésicos se encuentren interrelacionados con mayor fuerza y, además, la ejecución de unos se apoye sobre los otros y viceversa. Evaluar edades posteriores, más allá de los 22 meses, sería interesante para verificar si efectivamente este patrón de desarrollo continúa en el tiempo.

5.1.4.2. Relación de la tarea Bebé-mnemo con las tareas Hide and Seek y la escala de desarrollo Merrill-Palmer

Por otra parte, hemos analizado la relación que mantienen las dos tareas de memoria visoespacial, Bebé-mnemo y Hide and Seek, entre ellas. Analizando la muestra total, hemos podido comprobar como las tareas de memoria visoespacial Bebé-mnemo y Hide and Seek sí se encuentran relacionadas. La variable de Hide and Seek que se relaciona con todas las medidas del Bebé-mnemo es Retención, que se obtiene de las puntuaciones correctas de los dos primeros ítems de aplicación de la tarea. Así pues, parece que, la capacidad del niño para memorizar estos dos primeros ensayos espaciales no solo se asocia con las habilidades de memoria de localización en Bebé-mnemo, sino con otras más cognitivamente avanzadas y demandantes, como son la tolerancia a la demora y la capacidad de actualizar la información previamente aprendida. Cabe destacar que, atendiendo a su metodología, la fase de Bebé-mnemo más similar a Retención de Hide and Seek sería la medida de Localización, dado que son las medidas de memoria más sencillas con las que cuentan ambas tareas. Sin embargo, aquí observamos que la variable Retención mantiene una relación más fuerte con las medidas de Demora y Actualización que con Localización. No solo eso, sino que se relaciona casi con el mismo tamaño del efecto con la fase de Reconocimiento que, como ya hemos dicho, es la única de toda la tarea que no mide memoria visoespacial como tal, sino identificación del objeto. Así pues, la variable Retención de Hide and Seek podría estar asociada a una capacidad de memoria a corto plazo más genérica, así como con la memoria de trabajo. Si bien las autoras originales de esta tarea la propusieron como parte de una batería de medición de las funciones ejecutivas y con el objetivo concreto de medir memoria de trabajo, podría parecer que, como ya hemos comentado, la medida de Retención se relacionaría más bien con la capacidad de memoria a corto plazo, mientras que la de Actualización, con memoria de trabajo. Sin embargo, observamos que esta segunda medida no correlaciona con ninguna del Bebé-mnemo. Este hecho es sorprendente, especialmente si tenemos en cuenta que, en nuestra tarea experimental y al igual que en Hide and Seek, empleamos tanto tiempo de demora

como cambios del objeto a buscar entre cuatro ubicaciones. No obstante, las grandes diferencias metodológicas entre una y otra tarea, que ya han sido discutidas con anterioridad, podrían estar motivando la ausencia de estos resultados esperables (Discusión, apartado 5.1.2.1).

Por otro lado, cuando dividimos la muestra por edades y analizamos las relaciones anteriormente comentadas, vemos que los resultados hallados son distintos. Así a los 12 meses, encontramos que la demora soportada en Bebé-mnemo se relaciona con la medida de Retención de Hide and Seek, resultados coherentes con los datos encontrados a esta edad. Así, la demora introducida y/o tolerada en una y otra tarea son similares: en Hide and Seek es de 4 segundos, mientras que la demora media tolerada en Bebé-mnemo se sitúa en 5,13. A los 18 meses, sin embargo, la asociación se encuentra entre la variable Actualización de Hide and Seek y la medida de Demora en Bebé-mnemo. Por último, a los 22 meses, encontramos un mayor número de asociaciones, observando que la medida de Retención de Hide and Seek correlaciona con la Actualización de Bebé-mnemo, mientras que tanto Demora como Actualización de Bebé-mnemo se relacionan con la puntuación total alcanzada en la tarea Hide and Seek. Así pues, si bien en la muestra total no existía relación entre ninguna medida con Actualización, sí que la encontramos tanto en el grupo de 18 como en el de 22, señalando, por un lado, que estas medidas se relacionan con la memoria de trabajo visoespacial, y, por otro lado, que las capacidades cognitivas de estos niños parecen incrementarse e interrelacionarse a medida que van pasando los meses, cuestión que ya observábamos al analizar las asociaciones dentro de las medidas de Bebé-mnemo.

Al analizar la relación entre la tarea experimental Bebé-mnemo con las distintas variables de desarrollo de la escala Merrill-Palmer revisada, hemos podido comprobar cómo, al analizar la muestra conjuntamente, ambas pruebas se encuentran interrelacionadas entre sí. En primer lugar, cabe destacar la relación que existe entre todas las subescalas de la batería de desarrollo con las medidas de Bebé-mnemo, a excepción de la Coordinación Visomotora, que solo se relaciona con la medida de Demora y con una magnitud del efecto muy baja. Parece razonable que la tarea Bebé-mnemo no tenga una gran implicación de esta capacidad, dado que la coordinación ojo-mano únicamente es requerida para presionar un pulsador de gran tamaño. En cambio, resulta más sorprendente la relación que existe entre las medidas de Bebé-mnemo con el Lenguaje Receptivo y la Motricidad Fina. En cuanto al lenguaje, es cierto que la administración de Bebé-mnemo conlleva una parte de lenguaje comprensivo, ya que las instrucciones de la tarea se dan de manera verbal (“¿Dónde está...?”) y así, requieren cierta capacidad de comprensión por parte del niño. No obstante, la carga de lenguaje de la tarea es mínima, ya que las órdenes son sencillas, siempre las mismas, y además van acompañadas de una demostración visual. Es decir, incluso aunque el niño no entendiese el mensaje emitido por el examinador, en base a las demostraciones físicas que se hacen durante todas las fases de la tarea, podría terminar ejecutándola correctamente. Por otra parte, sería esperable que la medida de Lenguaje Receptivo correlacionara con mayor intensidad en la fase de Reconocimiento, ya que es una tarea que carece de demostración visual, al contrario que las demás, y demanda por parte del niño el reconocimiento del objeto y la asociación de dicho objeto con su nombre. Sin embargo, lo que vemos es que la variable Lenguaje se relaciona con mayor potencia en las fases de Demora y Actualización. Dicha relación entre la memoria de trabajo y el desarrollo del lenguaje ya ha sido reseñada en niños de mayor edad, aunque esta suele referirse a la memoria de trabajo verbal (Newbury, Klee, Stokes, y Moran, 2016). Por su parte, en sujetos adultos, sí se ha encontrado que la memoria de trabajo espacial tiene influencia sobre la comprensión en textos escritos (Pazzaglia y Cornoldi, 1999). Por ello, es posible que esta interrelación entre lenguaje oral comprensivo y memoria de trabajo espacial pudiera empezar ya

a estas edades tan tempranas. También hay que considerar que el nivel de la escala de desarrollo Merrill-Palmer empleado para este estudio solo emplea dos tareas que saturan esta escala de Lenguaje Receptivo, al contrario que el resto de las tareas, que son más bien multimodales y muchas de ellas puntúan para las demás subescalas de una forma más repartida. Por ello, es posible que para establecer definitivamente dichas relaciones entre el lenguaje comprensivo y la memoria de trabajo a estas edades fuera necesaria una evaluación del lenguaje mucho más exhaustiva. Por otro lado, la tarea Bebé-mnemo parece implicar funciones relacionadas con la Motricidad fina, entendida esta como pequeños movimientos llevados a cabo generalmente con los dedos gracias a la información de carácter visual. Sin embargo, la propia escala de desarrollo define esta capacidad como aquella que coordina procesos cognitivos y sensoriales con los movimientos de las manos y los dedos, y así, esta batería dota de una gran carga cognitiva a todas sus tareas de motricidad fina, las cuales parecen emplearse también en el desempeño de la tarea de memoria visoespacial. Por otro lado, la subescala Cognitiva, así como el Índice General, también correlacionan de manera moderada con todas las medidas de Bebé-mnemo. Esta relación es esperable, dada la elevada carga cognitiva que se necesita para resolver la tarea y la implicación de casi todas las subescalas que componen el Índice General. Incluso puede observarse un patrón que parece indicar qué medidas del Bebé-mnemo requieren mayor esfuerzo cognitivo para ser resueltas y que es reproducido por casi todas las variables de la escala, donde la fase que implica menor carga cognitiva es la de Localización, seguida por Reconocimiento, Demora y Actualización. Por tanto, estos resultados son coherentes con el propio planteamiento de la tarea Bebé-mnemo, ya que, considerando la fase de Reconocimiento como independiente a las demás, este patrón de correlaciones sigue el mismo gradiente de dificultad con el cual se planteó la tarea inicialmente. En último lugar, no debemos olvidar que, en momentos tan tempranos del desarrollo, disociar capacidades es muy complicado, ya que muchas de las mismas se encuentran entremezcladas (atención, memoria, inhibición, etc.), y, además, influenciadas por factores como la conducta y el estilo temperamental, así como el bienestar físico y emocional, e incluso con el desarrollo motor. Así por ejemplo, existe una clara asociación entre el funcionamiento motor y cognitivo en el desarrollo, corroborado a través de pacientes con daño cerebral y estudios de neuroimagen, relacionado con una activación conjunta de áreas cerebelosas y prefrontales dorsolaterales (Diamond, 2000), así como también se ha visto que en la infancia existe una potente asociación entre habilidades motoras gruesas y finas con el desarrollo de las funciones ejecutivas (Oberer, Gashaj, y Roebers, 2017). Así pues, quizás resulta más relevante considerar la relación que existe entre la tarea Bebé-mnemo y las medidas de desarrollo en su conjunto que el análisis de cada variable por separado, debido a las dificultades para disgregar estas capacidades a estas edades tan tempranas.

Estas asociaciones en la escala de desarrollo MP-R cambian ligeramente con respecto a las anteriormente expuestas al separar la muestra según su edad. En primer lugar, a los 12 meses, observamos como la medida de Localización se relaciona con el Índice Cognitivo y Cognición de la escala de desarrollo. Debemos recordar que, en este grupo, todavía un 37% de los niños no superan el criterio de aprendizaje de la fase de Localización, y, por tanto, tampoco las sucesivas fases. Así, para estas edades, y al contrario de lo que ocurría al considerar toda la muestra, podríamos concluir que la fase de Localización supone ya una demanda cognitiva significativa para estos niños y de ahí su asociación con las medidas más cognitivas de la escala de desarrollo. A los 18 y 22 meses, observamos la misma tendencia que en otras tareas, donde las interrelaciones parecen ser más numerosas. Así tanto a los 18 como a los 22 meses, las asociaciones se encuentran

entre la medida de Actualización de Bebé-mnemo con el Índice cognitivo, la Motricidad fina y el Lenguaje receptivo, mientras que específicamente a los 22, encontramos que la medida de Demora se relaciona también con el Índice general y el Lenguaje receptivo. Por ello, vemos que aumenta la demanda cognitiva que son capaces de tolerar los niños de mayor edad, dado que las tareas de mayor dificultad de Bebé-mnemo son precisamente las más asociadas con las medidas de desarrollo. Así pues, podríamos concluir que la memoria visoespacial medida a través de nuestra tarea experimental sí se asocia con otras medidas de memoria y de desarrollo generalizado dentro del curso evolutivo normalizado.

5.1.4.3. Relación de la tarea Bebé-mnemo con la conducta mostrada durante la sesión y el temperamento

También se examinaron las posibles relaciones entre la conducta mostrada durante la sesión de evaluación y el estilo temperamental de los niños participantes con su ejecución en las diferentes medidas de Bebé-mnemo, donde hemos podido observar de manera general cómo la presencia de conductas más adaptativas y proactivas se asocia con un mejor rendimiento en Bebé-mnemo, y, al contrario, conductas más disruptivas o la tendencia a presentar un temperamento más reactivo, con peores resultados. Comenzando por la conducta, al analizar a los niños de 12 meses, hemos observado que la ejecución en las medidas de Localización y Actualización se encuentran relacionadas negativamente con las conductas de Irritabilidad, pero positivamente por las conductas de Atención. A los 18 meses, puntuaciones más bajas en Demora se relacionan con un mayor número de conductas de Enfado, mientras que puntuaciones más elevadas en Actualización se asocian con la presencia de conductas Organizadas y Activas. Por último, a los 22 meses, observamos que la conducta Organizada se relaciona con mejores resultados en la medida de Reconocimiento. Sin embargo, no hallamos asociaciones significativas entre conducta o temperamento y rendimiento en Bebé-mnemo a los 15 meses. Teniendo en cuenta que a esta edad las variables recogidas son las mismas que a los 12 meses, puede observarse como los niños de 15, comparativamente a sus compañeros más jóvenes, reciben puntuaciones más bajas en conductas irritables y atencionales, o, dicho de otra forma, los niños de 12 meses de nuestra muestra han exhibido con mayor frecuencia que los niños de 15 estas conductas. Así pues, parece que cuando estas conductas, atención e irritabilidad, se dan una forma más marcada, es cuando realmente muestran relación los resultados cognitivos. De esta forma, los niños que se muestran extremadamente atentos, es probable que rindan mejor en Bebé-mnemo, mientras que aquellos niños que se comportan de una forma marcadamente irritable, es probable que obtengan peores resultados. Si, por otra parte, estas conductas están presentes de una forma más moderada, estas asociaciones no se encontrarían. En cuanto a la relación existente entre las manifestaciones de conducta y el rendimiento en memoria, en niños de 9 meses se ha visto que un mayor afecto negativo y un menor nivel atencional durante la resolución de una tarea A no-B, afecta negativamente a su ejecución (Keenan, 2002). En cuanto a su relación con el rendimiento neuropsicológico general, en niños de mayor edad se ha visto que la presencia de problemas de conducta, frente a su ausencia, se relaciona con peor rendimiento cognitivo, aunque la relación entre estas variables es de menor magnitud en comparación con otras, como variables socioeconómicas o del cuidado del niño (Melhuish y cols., 2001). Por otro lado, y como ya mencionamos anteriormente en la comparación entre grupos, ha de considerarse que muchas de estas conductas, a pesar de poder afectar negativamente a la evaluación cognitiva del niño, son evolutivamente esperables a estas edades. Por tanto, que aparezcan llantos, rabietas o cierto

recelo hacia los desconocidos es lógico y esperable de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentran estos niños, y por ello, la inclusión de una valoración observacional y cualitativa de su conducta parece un aspecto fundamental para interpretar correctamente los resultados cognitivos a estas edades.

Continuando con el temperamento, hemos comprobado que la presencia de un estilo temperamental predominantemente Difícil se relaciona con peores resultados en la capacidad de Actualización a los 12 meses y en la tolerancia a la Demora a los 22 meses. Concretamente, un estilo temperamental difícil definido según el modelo de Thomas y Chess, anteriormente reseñado - temperamento fácil, difícil y lento - (Zentner y Bates, 2008), se caracterizaría por conductas de retirada, un comportamiento poco predecible, con largos tiempos para adaptarse a las situaciones novedosas y mostrando reacciones intensas, tales como rabietas, ante la frustración. Por otra parte, de acuerdo con lo apuntado por el manual de la escala Merrill-Palmer, se caracteriza por una mayor tendencia a presentar conductas reactivas, como llantos o rabietas, acompañado de una mayor dificultad para enfrentarse a las situaciones novedosas y tolerar los cambios. Aunque cabría esperar que niños que tienden a manifestar estas conductas más reactivas desempeñasen peor las tareas cognitivas presentadas, dada su baja tolerancia a la frustración y poca adaptabilidad a las situaciones nuevas, no existe una amplia literatura que analice sí el temperamento cumple un papel protagonista en el desarrollo cognitivo infantil temprano. Sí que se ha podido comprobar, sin embargo, que aquellos niños que tienden a presentar un temperamento denominado de *halcón*, relacionado con mayores niveles de agresividad, de actividad y de una sensibilidad incrementada hacia la recompensa, presentaban años más tarde mayores dificultades para resolver un problema viso-constructivo (Suor, Stuge-Apple, Davies, y Cicchetti, 2017), así como que aquellos niños que mostraban una conducta más activa, relacionada con el temperamento fácil, tendían a obtener un cociente de desarrollo más elevado (Ramos Martín, García Sancho, José, Cachero Sanz, Vara Arias, y Iturria Matamala, 2009). También aquellos niños que a edades tempranas presentaban un temperamento caracterizado por una mayor persistencia, relacionada con una mayor capacidad atencional sostenida en el tiempo, y menor reactividad, relacionada con una mayor regulación y estabilidad emocional, presentaban mejores habilidades verbales y no verbales en momentos posteriores de su desarrollo, asociadas también con mejor alfabetización y capacidades numéricas (Chong y cols., 2019). Por ello, no es posible descartar la posibilidad de que los niños que manifiesten un temperamento más reactivo tengan mayor riesgo de presentar más dificultades en su desarrollo cognitivo y académico. Cabe mencionar, por un lado, que en muchas ocasiones el temperamento se ha podido relacionar con una mayor probabilidad de manifestar ciertos problemas de conducta. Así, se ha podido comprobar como la presencia de un temperamento más emocional, que nosotros denominamos como difícil, se relaciona con una mayor probabilidad de sufrir años después problemas conductuales, dificultades emocionales y mayor prevalencia de síntomas relacionados con la inatención y la hiperactividad, mientras que un temperamento más tímido o temeroso, se relaciona con la presencia posterior de problemas emocionales (Abulizi y cols., 2017). Así, podría ser posible que aquellos niños que tengan tendencia a manifestar un estilo temperamental más difícil muestren, además, conductas más irritadas o enfadadas, estando así relacionadas las dimensiones temperamento y conducta durante la sesión. No obstante, ha de tomarse en cuenta que las medidas de conducta durante la sesión se basan en una escala estructurada de carácter observacional que el evaluador cumplimenta al terminar la evaluación en función al comportamiento puntual que ha exhibido el niño, mientras que las escalas de temperamento son cumplimentadas por los padres y sus preguntas se refieren al carácter

general del niño que aparece en sus contextos cotidianos. Así pues, si bien las asociaciones encontradas con la conducta son útiles para poder comprender por qué la ejecución de Bebé-mnemo puede ser facilitada o perjudicada, parece más relevante considerar la medida de temperamento y su posible efecto sobre el rendimiento cognitivo general del niño, ya que sabemos que esta se trata de una dimensión más estable y que aparece en el día a día de la vida del niño. De esta forma, no solo es importante considerar que un niño muestre durante la evaluación una conducta irritable o enfada, la cual además puede estar motivada no solo por el estilo temperamental, sino por un gran número de factores no controlados – sueño, hambre, malestar físico, etc. –, sino que, si este presenta un temperamento generalizadamente difícil, es posible que su funcionamiento en memoria visoespacial se vea también afectado en sus contextos cotidianos. Esta relación, sin embargo, es difícil de establecer de forma definitiva, y por ello, sería recomendable continuar investigando en esta dirección para poder afirmar dicha conclusión.

5.1.5. Desarrollo evolutivo de la memoria visoespacial en niños prematuros seguidos longitudinalmente de 12 a 22 meses

Por otra parte, se han examinado los resultados de los niños prematuros por separado, atendiendo a las diferentes ocasiones en las que fueron evaluados de manera longitudinal. Así pues, el objetivo de estos análisis era detectar posibles mejoras en la muestra prematura en las edades de seguimiento, así como verificar si estos progresos asociados a la edad podrían ser equiparables a los hallados en niños a término.

En primer lugar, hemos examinado las capacidades de memoria visoespacial en los distintos meses. Así pues, hemos observado que el rendimiento de los niños prematuros a través de las diferentes medidas de edad se mantiene relativamente estable en la tarea Bebé-mnemo, con la excepción de la tolerancia a la Demora, donde los niños prematuros a los 22 meses son capaces de soportar una demora mayor que cuando tenían 12 y 15 meses. Observábamos al analizar estudios previos que comparaban a prematuros y controles a edades tempranas en su ejecución de tareas de memoria espacial que la demora se imponía en periodos fijos (por ejemplo, de 10 en 10 segundos) o que no se tomaba como variable de análisis para registrar posibles mejoras dentro de cada grupo. Encontramos en este último caso la excepción de un estudio (Matthews y cols., 1996), donde sí hallaban que en un seguimiento longitudinal desde las 28 hasta las 60 semanas, a mayor edad del niño, mayor tiempo de demora que es capaz de tolerar. Aunque no lo analizan estadísticamente, contrariamente a nuestros datos, esta demora parece incrementarse de forma más o menos progresiva en los distintos seguimientos de los niños. No obstante, y no solo tomando en consideración esta investigación, parece lógico esperar que la capacidad para retener información a corto plazo aumente en duración con la edad, incluso en unos pocos meses.

En relación con esto último, resulta llamativo que la capacidad de memoria de Localización, así como la capacidad de memoria de trabajo visoespacial (Actualización) no mejoren significativamente en este rango de edades. Sin embargo, y como ocurre con el caso anterior, los estudios longitudinales que analizan cómo avanzan estas funciones en población prematura en edades tempranas son escasos. Sí se encuentra que los niños prematuros son capaces de incrementar significativamente su span atencional a los 12 meses comparativamente a los 5 y a los 7, aunque esta tarea mide memoria visual y no memoria espacial per se (Rose y cols., 2001). Comentábamos anteriormente que una vulnerabilidad de las estructuras hipocampales, identificada generalmente en la población prematura, podría estar perjudicando su rendimiento

en tareas de memoria, comparativamente a los niños de desarrollo típico. No obstante, también pudimos comprobar que existían otras alteraciones en el grosor, microestructura y activación de la corteza, principalmente prefrontal. Ello indica que las bases neuroanatómicas potencialmente implicadas y afectadas en la memoria de localización espacial y la memoria de trabajo pueden ser muy extensas en esta población. Así pues, en relación a las capacidades de localizar los objetos en el espacio y actualizar la información aprendida, estudios previos han apuntado hacia el importante papel del lóbulo parietal y su conexión con el prefrontal (Tokariev y cols., 2019), especialmente lateralizadas hacia el hemisferio derecho dada la naturaleza espacial de estas funciones. Ambas capacidades, como hemos visto, se encuentran afectadas en esta población, y aunque estos datos provengan de momentos evolutivos más avanzados, no sería de extrañar que se hallaran algunas alteraciones ya a edades tempranas y que estas impactaran en el desarrollo esperable de estas capacidades.

Por otra parte, cuando analizábamos los datos de los nacidos a término, observábamos que los 22 meses parecía una edad en la cual todas las funciones medidas relacionadas con la memoria visoespacial mejoraban de una forma notable al ser comparada con edades inferiores, hallazgos que no se replican en los prematuros, siendo solo apreciable en la medida de Demora. Esto puede llevarnos a pensar que el curso de desarrollo de una y otra población parece diferente, encontrándose a los 22 meses en los nacidos a término un avance más generalizado en capacidades relacionadas con la memoria visoespacial, y en los prematuros, un avance más focalizado en la capacidad de mantener el recuerdo visoespacial en la memoria a corto plazo. También observábamos en la comparación entre grupos que precisamente las diferencias se daban también a esta edad, siendo posible que estas diferencias entre a término y prematuros emerjan precisamente en este periodo al final del primer año de vida y comienzo del segundo, momento en que ocurre ese “pico” de desarrollo observado en los controles, pero que no se observa en los prematuros – bien porque no ocurra o bien porque se dé en edades posteriores -. Por tanto, podría resultar de interés incrementar el periodo en el que los niños prematuros son seguidos para comprobar si dicho avance se produce en una edad posterior. También hay que considerar que el método de recogida de datos ha sido diferente en ambas poblaciones (transversal en los controles y longitudinal en los prematuros) y, por ello, las diferencias interindividuales también pueden haber influenciado estos resultados.

Considerando más en detalle los datos descriptivos, podemos apreciar cómo la cantidad de segundos medios tolerados va en aumento en dichas edades ($6,5 \pm 10,75$ para los 12 meses, $7,53 \pm 7,19$ para los 15 meses y $17,20 \pm 3,19$ para los 22 meses). No obstante, debemos tener en cuenta que, tal y como ocurría en los controles, existe una gran variabilidad en los segundos tolerados para todas las edades, excepto para los 22, momento en que muestran una ejecución más homogénea. Como ya comentamos, son numerosos los factores que pueden influir sobre esta variabilidad en los segundos: función inhibitoria, tolerancia a la frustración, mantenimiento de la motivación del niño, etc. También atendiendo a los datos cuantitativos en un análisis descriptivo, observamos una mejora muy progresiva en la puntuación de Localización a través de las edades, y una progresión algo más acusada a los 22 meses en el rendimiento en Actualización. No obstante, estas diferencias entre las medidas no resultan significativas, aunque pueden ser de utilidad para caracterizar la ejecución de un sujeto concreto de acuerdo con su edad.

Como ocurría también con los controles, el análisis de las variables cualitativas no consigue detectar diferencias según la edad, a pesar de que estas pueden observarse a un nivel puramente

descriptivo. En cuanto a los Bloques de Aprendizaje de Localización, se objetiva una mejora progresiva, encontrando que a los 12 meses el 45% de los niños no consiguió superar el criterio de aprendizaje, mientras que a los 22 meses este porcentaje se reduce a un 13,3%. Además, si un 45% de los niños de 12 meses conseguían aprender en el primer bloque, un 80% lo hace cuando cumple los 22. Comentábamos anteriormente que el tercer bloque de aprendizaje no parecía especialmente útil en la población control, ya que apenas había niños que consiguieran aprender en dicho bloque, sino que o bien aprendían antes o directamente no aprendían. Esta misma situación aparece en los prematuros, y, por tanto, sí cabría plantearnos suprimir este tercer bloque de aprendizaje en aplicaciones futuras de la tarea. En cuanto a la Tolerancia de demora, también se observa una mejora cualitativa con la edad, con un 55% de niños que no toleran ningún tipo de demora a los 12 meses, reduciéndose a un 20% a los 22. En el caso de los Bloques de Actualización, la tendencia a la mejora es más moderada. Así, si bien un 65% de los niños medidos a los 12 meses no actualizan, la cifra a los 22 meses se sitúa en un 46,7%. Esto nos indica que, incluso, si bien a la mayor edad registrada la mayoría de los niños aprenden y toleran demora, casi la mitad de los mismos todavía no logra esta capacidad de actualización. Considerando el bloque en el que actualizan, no se objetiva que una mayor proporción de niños a medida que van siendo evaluados logren actualizar mejor en alguna de estas categorías. Por ejemplo, en el primer bloque y a los 12 meses actualiza un 30% y a los 22 meses, un 26,7%. En el segundo bloque, si bien a los 12 meses ningún niño actualiza, sí lo hacen a los 15 meses, con un 17,6% que asciende levemente a un 26,7% a los 22 meses. Por tanto, parece que los avances con la edad en la tarea Bebé-mnemo para la población prematura son mucho más limitados en esta medida de Actualización. En general, estas medidas parecen menos sensibles a las diferencias de edad que las cuantitativas, debido a la ausencia de significación, pero pueden aportar información de utilidad sobre los aspectos más cualitativos de la ejecución del niño. De manera similar a como ocurría en los controles, aunque, de manera general, es a los 22 meses cuando se obtiene la mejor ejecución, se objetiva que aún existe margen de mejora posible, especialmente en Actualización. Dado que no se ha alcanzado un efecto techo en ninguna de las medidas, continuar investigando en edades más avanzadas podría ayudarnos a delimitar cuándo esto ocurre.

En cuanto al análisis de la tendencia a responder perseverativamente en la tarea, al igual que ocurría con los nacidos a término, observamos que aquellos prematuros que son capaces de tolerar demora también consiguen actualizar dicha información durante los primeros bloques de la tarea, pero observamos que casi el doble de niños que consiguen tolerar demora no actualiza en el primer bloque. De nuevo, esto implica una tendencia a emitir una conducta perseverativa al comienzo de la etapa de Actualización. Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas entre los grupos en estas variables de análisis nos indica que, aunque a nivel cuantitativo sí parezca que hay más niños prematuros que perseveran, niños pretérmino y prematuros presentan la misma tendencia a la perseveración. Esto parece ser congruente con la literatura previa, donde comparando errores de tipo perseverativo frente a no perseverativo en una tarea de memoria visoespacial, los prematuros a los 2 años cometían más de este último tipo, mientras que los controles tendían más a la perseveración (Woodward y cols., 2005). En cambio, en otro tipo de tareas – llegar a un juguete lejano tirando de un trozo de tela, pero no de otro situado en posición paralela – el número de errores perseverativos de prematuros y controles seguidos entre los 7 y 15 meses era el mismo (Matthews y cols., 1996). Por último, en niños prematuros de 2 a 3 años, se objetivaron dos tipos de errores: tanto búsqueda en localizaciones que no se habían usado para esconder el objeto deseado, es decir, errores no perseverativos, como búsqueda en localizaciones

anteriormente reforzadas, es decir, errores perseverativos (Espy y cols., 2002), aunque también en este caso fueron más numerosos y estadísticamente más potentes los errores no perseverativos. En este sentido, se ha visto que los niños prematuros de 2 años que perseveran más durante la búsqueda del objeto presentan características neuroanatómicas diferentes a aquellos que cometen otro tipo de errores, concretamente, un menor volumen hipocampal bilateral (Beauchamp y cols., 2008). Por tanto, parece que los prematuros no perseveran más que los controles, y, si se equivocan, tienden a cometer otro tipo de errores, como buscar en nuevas ubicaciones. Sin embargo, parece que aquellos niños prematuros que sí perseveran podrían presentar algunas vulnerabilidades cerebrales tempranas, que pueden mantenerse incluso hasta la vida adulta, donde los adultos jóvenes nacidos muy prematuros que presentaban menor volumen en el fórnix cometían más errores perseverativos en el recuerdo de una tarea de memoria verbal (Caldinelli y cols., 2017). Por otro lado, debemos mencionar que la ventaja hallada en los prematuros en la medida de Demora, según la cual puntúan igual que los controles, podría estar condicionada parcialmente por una tendencia perseverativa. Esto es, un niño que tienda más a perseverar ejecutaría mejor la fase de Demora no tanto por la persistencia del recuerdo, sino por su tendencia a emitir la misma respuesta una y otra vez. Como ya comentamos en la discusión de los controles, se plantean mejoras futuras en el protocolo de administración de esta tarea, como administrar la fase de Actualización antes de Demora, para que una posible conducta perseverante no sesgue estos resultados. Igualmente comentamos que una conducta motora repetitiva favorece la tendencia a perseverar. En este sentido, se halla una demora tolerada similar en una versión manipulativa y en una versión visual de una tarea A no-B en población prematura (Matthews y cols., 1996). Es decir, parece que la disociación entre búsqueda visual, presumiblemente superior en el desarrollo normalizado, y búsqueda motora no parece producirse en esta población, aunque sería necesario más investigaciones que corroboraran estos hallazgos.

Finalmente, y como también observábamos en los controles, la medida de Reconocimiento no parece útil para diferenciar según la edad. Como ya se apuntó, esta debe ser considerada más bien una medida paralela o complementaria a la evaluación, pero no una variable protagonista dentro del protocolo de evaluación de Bebé-mnemo. También como ya discutimos, no cabe esperar que esta variable muestre diferencias en la población pretérmino, en tanto que evalúa una función que no parece encontrarse alterada en esta población y dado que esta fase no se caracteriza por un nivel de complejidad creciente que sea potencialmente sensible a las mejoras según la edad del niño.

Continuando con el análisis a través de las edades en memoria visoespacial y pasando ahora a la tarea Hide and Seek, observamos que los niños prematuros obtienen mejor rendimiento a los 18 y a los 22 meses, en comparación a cuando tenían 12, en prácticamente todas las medidas. Por tanto, se observa que los niños prematuros obtienen puntuaciones más bajas en la primera medida del seguimiento, pero que mejoran levemente a los 15 meses y de una forma más notoria a los 18 y a los 22. Estos resultados, comparados con los obtenidos en la tarea Bebé-mnemo, son difícilmente comparables. En Hide and Seek, se observa una mejora en la memoria de localización, tanto a corto plazo como de trabajo con la edad, mientras que, en Bebé-mnemo se incrementa el tiempo de demora tolerado. Como ya hemos comentado, ambas tareas siguen metodologías muy diferentes que pueden haber motivado estos resultados. Además, en la tarea Hide and Seek no se han establecido periodos de demora crecientes, a diferencia de Bebé-mnemo, por lo que no existe una variable similar a comparar entre ambas tareas. No obstante, las asociaciones encontradas entre Bebé-mnemo y Hide and Seek en los niños prematuros serán discutidas con posterioridad.

En los controles, hallábamos también que esta tarea conseguía diferenciar el rendimiento de niños de 12 y 22 meses, aunque no en todas sus medidas, apuntando de nuevo estos datos a los 22 meses como una edad en que los progresos dentro del desarrollo normalizado se dan de una forma más acusada. A su vez, en este grupo, el rendimiento se incrementaba de una forma más progresiva, debido a la ausencia de diferencias a los 15 y 18. En el caso de los prematuros, podríamos decir que la mejoría se produce a una edad más temprana, a los 18 meses, que continúa progresando hasta los 22. Recordando, además, que los prematuros presentaban puntuaciones más bajas en esta tarea que los controles a los 12 meses, ello puede significar que, aunque al principio del primer año de vida sí presentan menores capacidades mnésicas, estas mejoran rápidamente a lo largo de dicho año, hasta al alcanzar el nivel equivalente a los niños a término. Estos datos apuntan también a que esta tarea, a pesar de haber sido administrada originalmente en niños mayores de 18 meses, parece aportar información más valiosa en la evaluación de edades menores y, especialmente, en la población prematura.

5.1.6. Relación entre las distintas medidas de memoria visoespacial, desarrollo cognitivo, conducta y temperamento en niños prematuros de 12 a 22 meses

Nos hemos planteado también examinar las posibles asociaciones tanto entre las subtareas de Bebé-mnemo, como entre dichas subtareas con el resto de las medidas de memoria visoespacial y desarrollo cognitivo. De nuevo, el propósito principal ha sido analizar si estas relaciones cambian según la edad, así como comprobar si existe un patrón de desarrollo similar al normalizado.

5.1.6.1. Relación entre las subtareas Bebé-mnemo

Comenzando por la asociación entre las propias tareas de Bebé-mnemo, encontramos que la mayoría se encuentran interrelacionadas. Observamos que aquellas que presentan una relación más fuerte son Demora y Actualización, seguidas por Demora con Localización, Actualización con Localización, y Demora con Reconocimiento. Sin embargo, no hallamos que la medida de Reconocimiento se asocie con Localización. En este caso, el patrón es bastante parecido al seguido por los controles, si bien cabe destacar que en el caso de los prematuros se obtiene una mayor magnitud de correlación entre Actualización y Demora, así como entre Localización y Demora, mostrando una mayor asociación de estos aspectos mnésicos. Como ya se mencionó, tiene coherencia con el propio diseño de la tarea que la medida de Reconocimiento sea la que menos asociación muestra, tal y como ocurría también en los controles, ya que se trata de una medida de reconocimiento e identificación de objetos, pero no de memoria visoespacial en sí misma, y, además, que aquellas medidas más complejas, que requieren de la consecución de unas tareas anteriores para poder ejecutarse, sean las que se encuentran más estrechamente relacionadas.

Considerando cada una de las edades registradas, observamos que, si bien en cada medida las asociaciones entre las tareas cambian ligeramente, tanto en significación como en magnitud, se observa el mismo patrón que caracteriza a la muestra en su conjunto. Por tanto, todo ello indica, de nuevo, que se sigue esta coherencia interna del protocolo de evaluación, donde aquellos niños prematuros que consiguen aprender la ubicación del juguete también parecen tolerar cierto periodo de demora y pueden actualizar la información previamente aprendida en alguno de los bloques. Igualmente, las dos fases cognitivamente más complejas, Actualización y Demora, que requieren de la correcta ejecución de las subtareas anteriores, son las que están más

potentemente asociadas. Las medidas que más se aproximan a este patrón de ejecución de la muestra prematura total son las de 12 y 22 meses en primer lugar, seguidas por la de 18, y por último, la de 15, que muestra asociaciones únicamente entre Localización con Demora y con Actualización. Curiosamente, estas son las mismas relaciones significativas que se encontraban en el grupo control a los 12 meses. Ello puede indicar cierto retraso en el desarrollo de estas funciones en el primer año de vida de los niños prematuros, y con ello, requieran la implicación de diferentes funciones mnésicas para resolver adecuadamente la tarea. Estas diferencias, no obstante, se extienden más allá de esta edad, objetivando que en los controles tiende a haber una disminución de las interrelaciones entre las subtareas en los grupos de mayor edad, mientras que, en los prematuros, este elevado número de asociaciones se mantiene a través de las diferentes medidas de una forma más o menos estable. Estos datos pueden apuntar, de nuevo, a una menor disociación de las diferentes habilidades de memoria visoespacial, así como la puesta en marcha de diferentes funciones mnésicas, en principio no necesarias para resolver cada una de las subtareas en concreto, para poder ejecutar el test adecuadamente.

5.1.6.2. Relación de la tarea Bebé-mnemo con las tareas Hide and Seek y la escala de desarrollo Merrill-Palmer

Continuando por las relaciones entre Bebé-mnemo y Hide and Seek, observamos que las subtareas de ambos test están relativamente asociadas entre sí. Así pues, la variable de Hide and Seek más interrelacionada con Bebé-mnemo es la medida de Aciertos, que se encuentra relacionada con Reconocimiento, Localización y Demora. A su vez, el número de Errores se asocia con peores puntuaciones en Reconocimiento y Localización. La medida de Retención se asocia con Reconocimiento y Localización, mientras que la variable Hide and Seek Actualización solo se relaciona con Localización. Por tanto, observamos que, en general, las cuatro medidas de Hide and Seek tienden a estar asociadas con las primeras de Bebé-mnemo: Reconocimiento y Localización. Esta tendencia de correlaciones puede apuntar, de nuevo, a la idea de que Hide and Seek se caracteriza por una metodología más sencilla, que hace que precisamente se relacione con las subpruebas menos cognitivamente demandantes de Bebé-mnemo. En primer lugar, observamos que la medida de Localización de Bebé-mnemo está asociada con todas las de Hide and Seek, pudiendo esto indicar que la capacidad de realizar tareas de memoria de trabajo, objetivo inicial con el que fue planteado Hide and Seek, depende de una buena memoria a corto plazo como proceso primario en los niños prematuros. Por otro lado, observamos también que la medida de Reconocimiento de Bebé-mnemo se asocia, también, con muchas de las variables de Hide and Seek. Como ya hemos hecho alusión, la medida de Reconocimiento no evalúa memoria visoespacial, sino memoria de reconocimiento e identificación de objetos, que de hecho son dos tipos de memoria disociados y con bases cerebrales neuronatómicas diferentes, las cuales no parecen alteradas en la población prematura. Una posible explicación a estos hallazgos podría hacer referencia a una estrategia de “compensación”, esto es, dado que la población prematura presenta mayores dificultades en memoria espacial, tal y como muestran nuestros datos, tratan de apoyarse en funciones relacionadas y/o complementarias para enfrentarse a dichas tareas. Esta tendencia a encontrar asociaciones entre una tarea con funciones cognitivas no directamente implicadas en la misma se ha encontrado también en nuestros propios resultados con los niños prematuros de 5 a 7 años, que analizaremos con posterioridad. Estos datos tomados de manera conjunta pueden reforzar la idea de que los prematuros emplean otras funciones mnésicas complementarias para ayudarse a resolver las tareas visoespaciales. Por otro lado, como ya

habíamos mencionado en la muestra control, una posible equivalencia entre las subpruebas de ambos test según la función que pretenden medir sería Retención de Hide and Seek con Localización de Bebé-mnemo, ambas centradas en la evaluación de la memoria a corto plazo, así como Actualización de Hide and Seek con Actualización de Bebé-mnemo, focalizadas, en este caso, en la memoria de trabajo. Si bien la primera asociación se cumple en la muestra pretérmino, aunque con una baja magnitud del efecto, no ocurre lo mismo con la segunda. Como ya se ha comentado, las grandes diferencias metodológicas, así como la complejidad extra que caracteriza al paradigma Bebé-mnemo podrían estar motivando la ausencia de asociaciones esperables también en el caso de los niños prematuros. En los controles, considerando por separado los grupos de edad, comprobamos que las relaciones entre Bebé-mnemo y Hide and Seek eran prácticamente inexistentes, con la excepción del grupo de 22 meses, en el cual dichas relaciones sí emergían entre varias de las variables. Por tanto, en el desarrollo típico, parecía haber una tendencia a una mayor interrelación a mayor edad del niño. Este patrón, sin embargo, no se encuentra en la muestra prematura. Así pues, no se hayan asociaciones relevantes ni a los 12 ni a los 22, mientras que a los 15 se relacionan únicamente Aciertos y Demora y a los 18 observamos el mayor número de asociaciones: Aciertos y Errores con Localización, así como Aciertos y Errores con Actualización de Bebé-mnemo. Dado que, además, los análisis de esta muestra tienen la característica particular de haberse realizado intra-sujeto, es decir, hemos estudiado la evolución de los mismos niños, estos datos parecen indicar un patrón de interrelación más irregular que no parece seguir un desarrollo evolutivo esperable, considerando los hallazgos observados en los niños nacidos a término, es decir, no parece esperable encontrar esta mayor coherencia entre los resultados de ambas tareas a medida que la edad del niño prematuro aumenta.

En el caso de las asociaciones con la escala de desarrollo, observamos que existen relaciones entre prácticamente todas las subtareas y subescalas en los niños prematuros. Así, en esta población pretérmino, las subescalas Cognitiva y Motricidad Fina son las que, de manera general, mayores tamaños del efecto muestran en su asociación con las submedidas de Bebé-mnemo. Estas estarían seguidas por la Coordinación Visomotora y, en último lugar, Lenguaje receptivo, siendo esta subescala la única que no correlaciona con todas las medidas de Bebé-mnemo, sino tan solo con Reconocimiento, Demora y Actualización. Como ya discutimos en los nacidos a término, hay relaciones que tienen coherencia lógica con los propósitos de la tarea y sus subescalas, por ejemplo, la asociación con la escala Cognitiva nos indica que, efectivamente, nuestra tarea requiere de la puesta en marcha de diferentes funciones cognitivas también en esta población prematura. Dicha asociación entre tareas de memoria (tipo A no-B) y las puntuaciones alcanzadas en escalas cognitivas de baterías de desarrollo han sido halladas en investigaciones previas en esta población (Lowe y cols., 2009). También para resolver la tarea es necesario poner en marcha conductas motoras, y, como ya comentamos, las tareas que saturan dicha escala dentro de la batería de desarrollo se caracterizan por tener una elevada carga cognitiva. No obstante, estudios previos muestran que los niños prematuros suelen presentar menores niveles de desarrollo motor o psicomotor que de desarrollo cognitivo, comparativamente a los controles, (Sun y cols., 2009; Woodward y cols., 2005). Ello puede indicar que el desarrollo motor temprano de esta población se encuentre más afectado, y por ello, potencialmente, su alteración pueda tener mayor influencia en otras tareas, como puede ser el caso de la memoria. Sin embargo, esta posibilidad no se sostiene de acuerdo a otros estudios previos, donde, por un lado, controlando el nivel de desarrollo motor, los niños prematuros siguen presentado dificultades en su memoria de trabajo visoespacial (Sun y cols., 2009), y, por otro, los niños prematuros ejecutan con el mismo nivel de

eficacia una tarea de memoria en su versión visual que en su versión manipulativa (Matthews y cols., 1996). Por tanto, la influencia del desarrollo motor sobre las tareas de memoria parece, en principio, bastante limitado. Sorprendentemente, se encuentran asociaciones entre la subescala Coordinación visomotora con todas las subtareas de memoria, cuestión que no ocurría en los controles. Así pues, parece que aquellos niños prematuros que presentan mejor coordinación ojo-mano obtienen mejores puntuaciones en todas las subescalas de Bebé-mnemo. En niños prematuros de mayor edad se ha encontrado menores capacidades visuomotoras, que además estaban relacionadas con una menor excitabilidad de la corteza motora dominante (Flamand, Nadeau, y Schneider, 2012). Así pues, ciertos problemas en la coordinación visomotora que son hallados en esta población podrían afectar a la ejecución de Bebé-mnemo. Aunque nuestra tarea no requiera de un alto nivel en estas habilidades, también es cierto que es imprescindible para su resolución. Esto es, dado que tomamos como respuesta correcta tocar un pulsador, el niño necesita tener un mínimo de coordinación ojo-mano para ver el pulsador y presionarlo adecuadamente. Por tanto, si estas habilidades no están correctamente establecidas cabe pensar que el rendimiento en la tarea pueda verse afectado. Con referencia al lenguaje, ya mencionamos como principales razones en el análisis de los controles que las relaciones encontradas pueden deberse a que la tarea Bebé-mnemo presenta cierta carga de lenguaje, en tanto que las instrucciones son verbales, y que la propia batería Merrill-Palmer no cuenta, al menos en nuestra percepción, con una subescala de lenguaje lo suficientemente potente en los niveles empleados en esta investigación. También aludimos a una posible asociación entre la memoria de trabajo con el desarrollo lingüístico, pero, al igual que ocurre en los niños de desarrollo normalizado, dichas relaciones son principalmente con tareas de memoria verbal (Fraello y cols., 2011; Sansavini y cols., 2007) y, por ello, no serían directamente extrapolables a nuestro estudio. Por último y como cabría esperar, el Índice general es uno de los más interrelacionados, lo cual tiene sentido debido a que se forma por el cómputo de las distintas subescalas, las cuales acabamos de ver que se encuentran también asociadas con las subtareas de Bebé-mnemo.

En cuanto a las asociaciones halladas en la escala de desarrollo considerando las diferentes medidas de los niños prematuros, encontramos que no parece haber una tendencia o patrón de acuerdo a su edad, esto es, si en los controles hallábamos que a mayor era la edad del niño, mayores asociaciones se encontraban entre las subescalas de desarrollo y las fases más complejas de la tarea Bebé-mnemo, esto no parece cumplirse en la muestra prematura, con interrelaciones que no siguen una trayectoria ascendente en función a su edad. De esta forma, a los 12 meses, las puntuaciones de Localización, Demora y Actualización se asocian con el Índice cognitivo y la subescala Cognición; a los 15 meses, los resultados en Reconocimiento se asocian con el Índice general y la Coordinación visomotora, así como Demora se relaciona con Cognición y Coordinación visomotora; a los 18 meses, la medida de Demora se asocia con Índice General, Cognición, Motricidad fina y Coordinación visomotora, mientras que la medida Actualización se relaciona con Cognición y Coordinación visomotora; y por último, a los 22 meses, el rendimiento en Reconocimiento se asocia con Índice general, Cognición y Lenguaje receptivo, mientras que las puntuaciones en Actualización se relacionan también con Lenguaje receptivo. Así pues, parece que, de forma relativamente consistente hasta los 18 meses, las distintas capacidades mnésicas, tanto relacionadas con el reconocimiento de objetos como con su ubicación visoespacial, se asocian con los avances cognitivos y la mejora de la coordinación visomotora, así como con un mayor desarrollo general. No obstante, a la mayor edad registrada, a los 22 meses, parece que el desarrollo del lenguaje podría cobrar un rol relevante en las funciones mnésicas en esta población.

Por tanto, todo ello puede reforzar aspectos anteriormente comentados, tales como que los niños prematuros parecen seguir cursos de desarrollo cognitivo y mnésico diferenciales y que, además, podrían tratar de implicar funciones cognitivas extra, no imprescindibles para la resolución de una tarea, con el objetivo de paliar posibles dificultades. También debemos considerar otra idea anteriormente expuesta: la difícil tarea que supone diferenciar claramente entre capacidades del desarrollo temprano cuando todas ellas se encuentran fuertemente interrelacionadas y los progresos en una siempre van acompañados de mejoras en las demás. Por tanto, todo ello dificulta un análisis minucioso de las posibles relaciones entre estas capacidades, que no se mostrarán más disociadas hasta momentos más avanzados del desarrollo.

5.1.6.3. Relación de la tarea Bebé-mnemo con la conducta mostrada durante la sesión y el temperamento

Analizando, a continuación, la relación entre las puntuaciones obtenidas en Bebé-mnemo con la conducta mostrada durante la evaluación, así como el temperamento predominante del niño, podemos observar una tendencia según la cual conductas colaboradoras y proactivas se asocian con un mejor rendimiento mnésico, mientras que conductas más alteradas, así como estilos temperamentales difíciles se relacionan con una peor ejecución. Concretamente, hallamos que los niños prematuros con un temperamento más difícil en la medida de 15 meses obtienen peores puntuaciones en la medida de Localización. En la medida de 18 meses, los niños que han exhibido una conducta más organizada han rendido mejor en las variables de Reconocimiento y Actualización, mientras que aquellos niños que han mostrado una conducta más enfadada han puntuado peor en Localización y Demora, así como aquellos que presentan un temperamento difícil también han ejecutado peor la fase de Localización. En la última medida a los 22 meses se objetiva una influencia muy importante de la conducta, donde aquellos niños más organizados soportaron más segundos en la medida de Demora, los niños más activos también soportaron mayor demora y actualizaron mejor la información visoespacial, mientras que los niños con comportamientos relacionados con el enfado vieron perjudicada su ejecución en todas las medidas: Reconocimiento, Localización, Demora y Actualización. Dichos hallazgos concuerdan con estudios previos, que han encontrado que en tareas tipo A no-B, una mayor regulación emocional en niños extremadamente prematuros de 18 a 22 meses se asociaba con un mejor rendimiento en el test (Lowe y cols., 2009). Contrariamente a esta tendencia, en la primera medida realizada a los 12 meses, la conducta y el temperamento de estos niños no se ha relacionado con su rendimiento en memoria. Así pues, podemos observar que es a partir de los 15 meses cuando estas variables más comportamentales podrían relacionarse con los resultados de tipo cognitivo. No parece que la ausencia de asociaciones significativas a los 12 meses pudiera deberse a que los niños no manifiestan conductas proactivas o disruptivas durante la evaluación o a que presenten un estilo temperamental neutro, ya que, si comparamos sus puntuaciones normativas con la siguiente medida, la de los 15 meses, no observamos diferencias muy notables. Quizás la excepción sea en la medida de Irritabilidad, que ya comentamos que, en su comparación con los controles, los niños prematuros seguidos a los 15 meses se mostraron especialmente irritables. Así pues, cabe pensar que, si en los controles ya hallamos que a los 12 meses la conducta ya parecía guardar relación con los resultados en memoria, la ausencia de resultados significativos en la muestra prematura de 12 meses de nuevo puede indicar un desarrollo diferencial con respecto a la población normativa, apuntando no solo a un patrón de mejora cognitiva diferente, sino también conductual. A partir de esta edad, si encontramos que los resultados podrían ser semejantes a los obtenidos en los

controles, donde conductas más colaboradoras se asociaban con mejores resultados, y conductas más negativistas, con peor rendimiento. Como ya comentamos, que los niños prematuros manifiesten problemas de conducta a estas edades no implica necesariamente que las presenten en momentos más avanzados de la infancia, en tanto que muchas de estas conductas disruptivas emergen de forma natural en el desarrollo normalizado (Gerstein y cols., 2017). No obstante, dada la elevada frecuencia de problemas de comportamiento en esta población (Aarnoudse-Moens y cols., 2009; Alcantara-Canabal y cols., 2018; Cassiano y cols., 2016; Johnson y Marlow, 2011; Potijk y cols., 2012), así como por su potencial impacto en la ejecución de tareas cognitivas, parece que la evaluación conductual en esta población es imprescindible dentro del marco de una valoración neuropsicológica, permitiéndonos además obtener una visión más global del funcionamiento del niño. En cuanto al estilo temperamental, si bien no se halla de acuerdo a estudios previos y a nuestros propios hallazgos que los niños prematuros tengan tendencia a un temperamento más difícil (Sun y cols., 2009), parece que la presencia del mismo empeora su ejecución en memoria, al igual que hemos hallado en la muestra control. Como también ya discutimos, si bien no hay muchos estudios que pongan en relación el temperamento con la cognición, sí parece que un temperamento más reactivo puede empeorar el desempeño cognitivo en momentos posteriores de la infancia, al menos en la población normativa (Chong y cols., 2019; Suor y cols., 2017). También parece que, en relación con un posible impacto en el neurodesarrollo posterior, es más importante tomar en consideración la conducta que el temperamento. Así, se ha visto que la conducta medida a los 2 años, comparativamente al estilo de temperamento, parece asociarse más con el desarrollo lingüístico obtenido a los 4 años en una muestra pretérmino (Sajaniemi y cols., 2001), siendo los comportamientos de baja resistencia y escasa cooperación los mejores predictores para las alteraciones del lenguaje posteriores. No obstante, y dada la influencia hallada con respecto al temperamento difícil, estos datos vuelven a poner de manifiesto la relevancia que tiene considerar aspectos comportamentales y temperamentales en la evaluación neuropsicológica de los prematuros.

5.1.6.4. Relación entre los factores de riesgo perinatales, edad gestacional y peso al nacer con el rendimiento en memoria visoespacial y desarrollo generalizado

En primer lugar, nos hemos propuesto comprobar si existe asociación entre la edad gestacional y el peso al nacer en nuestra muestra de niños prematuros con respecto a sus capacidades mnésicas y su nivel de desarrollo. No hemos hallado que estas variables se relacionen significativamente, contrariamente a lo esperado y a lo obtenido generalmente en la literatura previa, donde una menor edad gestacional y peso al nacer se relacionan con menor rendimiento cognitivo a lo largo de la infancia de esta población (Fan y cols., 2013; Lemola y cols., 2017; Urben y cols., 2015). Al hablar concretamente de capacidades mnésicas, los resultados son más diversos, encontrando algunas investigaciones que bien la edad gestacional o bien el peso se relacionan con peores puntuaciones en span y memoria de trabajo visoespaciales (Baron y cols., 2010; Fitzpatrick y cols., 2016; Saavalainen y cols., 2007), mientras que otros no hallan estas asociaciones (Aanes y cols., 2015; Vicari y cols., 2004). Por otra parte, si nos centramos en estudios que evalúan la memoria en niños prematuros con edades más próximas a las que empleamos en nuestra investigación, nos encontramos que muchos autores deciden centrarse en una categoría concreta de acuerdo a la edad gestacional, peso al nacer o ambas, y otros consideran una muestra más genérica. Así pues, en algunos casos una clasificación concreta se toma como criterio de inclusión para el estudio: por

ejemplo, prematuros de peso al nacer extremadamente bajo (Lowe y cols., 2009) o muy prematuros (Woodward y cols., 2005). En otros casos se incluye a una muestra prematura más variable, pero se analizan los datos según su edad gestacional, peso y riesgo perinatal (Sun y cols., 2009), y, en otros, se toma a una muestra de prematuros más o menos homogénea, pero sin tratar de clasificarla (Matthews y cols., 1996; Wilcox y cols., 1996). En cuanto a la comparativa entre edad gestacional, peso al nacer y riesgo perinatal, los resultados apuntan a que los niños que además de ser prematuros, nacieron por debajo de las 28 semanas y por debajo de los 1000 gramos rendían peor que los muy prematuros de muy bajo peso, así como los niños considerados de alto riesgo – aquellos que presentaban un factor o más de riesgo perinatal, tales como la necesidad de continuar administrando oxígeno en el hogar una vez dada el alta, la dilatación ventricular, la leucomalacia periventricular o las hemorragias intraventriculares – también presentaban peores puntuaciones que los de bajo riesgo (Sun y cols., 2009). Concretamente, los estudios que no clasificaban la muestra eran aquellos que no hallaban dificultades en los prematuros o incluso observan un mejor rendimiento en este grupo (Matthews y cols., 1996; Wilcox y cols., 1996). Sin embargo, si se atiende a sus características, se trata de niños de bajo riesgo, con una edad gestacional media equivalente a prematuros tardíos o moderados, peso medio que varía entre el rango normal y el bajo peso y sin características de riesgo perinatal relevantes. Aunque nuestra muestra tampoco ha sido categorizada, esta presenta un rango de edad gestacional de las 30 a las 36 semanas, existiendo por tanto una mayoría de niños considerados como moderadamente prematuros, y con un peso al nacer entre 1170 y 2425 gramos, estando en este caso la mayoría situados en la categoría de bajo peso. No obstante, en nuestra investigación hallamos que los niños prematuros, a pesar de que podrían ser categorizados como de bajo riesgo, sí presentan alteraciones en su memoria de localización y memoria de trabajo visoespaciales a los 22 meses con Bebe-mnemo, y a los 12 meses en Hide and Seek.

Sin embargo, también es cierto que nuestra muestra sí presenta ciertas variables de riesgo perinatal, estando algunas de ellas relacionadas con un peor rendimiento cognitivo y en memoria. Así pues, hemos observado que de todos los factores prenatales, perinatales y postnatales tempranos presentes en nuestra muestra, aquellos que parecen relacionarse con peores puntuaciones a nivel cognitivo son los procedimientos de fecundación in vitro, las apneas, y las hemorragias intraventriculares. De esta forma, los niños concebidos mediante procedimientos in vitro obtenían un peor rendimiento en las subescalas de desarrollo Cognición y Coordinación visomotora, así como en el Índice general. También los niños que en su etapa postnatal sufrieron de apneas rindieron peor en la tarea de memoria Hide and Seek, así como en la subescala Motricidad Fina de la batería de desarrollo. Por último, aquellos niños que sufrieron hemorragias intraventriculares en grado I obtuvieron peores resultados en Lenguaje que aquellos que no las padecieron.

Aquellas investigaciones que analizan factores de riesgo perinatal y cognición a estas edades tempranas encuentran que algunos de estos factores que impactan sobre el desarrollo son las alteraciones de la sustancia blanca (Mangin y cols., 2017), mientras que otros no hallan que factores como un bajo índice CRIB se asocien con un peor rendimiento cognitivo (Lowe y cols., 2009). En cuanto a la memoria, algunos estudios hallan una peor ejecución en tareas de memoria visoespacial si el niño recibe oxígeno en casa, ha presentado dilatación ventricular, leucomalacia o hemorragias intracraneales (Sun y cols., 2009), mientras que otros observan que la fiebre materna, mediada por el efecto de la lesión en la sustancia blanca, y la sepsis impactan sobre el rendimiento en memoria (Woodward y cols., 2005). Observamos, por tanto, que ninguno de los factores

encontrados previamente en la literatura coincide con los nuestros. Así pues, en relación con nuestros factores significativos, se ha encontrado que en los procedimientos de fecundación *in vitro* suele ser más frecuente el nacimiento pretérmino y el bajo peso del neonato, en comparación a la concepción natural (McDonald y cols., 2009). Algunas posibles explicaciones que apuntan estos autores incluyen una posible influencia de la infertilidad o las enfermedades médicas que la causan, así como una mayor vigilancia o procedimientos de intervención durante el embarazo que provoque este parto prematuro. Además, suele encontrarse que las madres que se someten a este procedimiento suelen tener mayor prevalencia de alteraciones hipertensivas o diabetes gestacional durante el embarazo (Sullivan-Pyke, Senapati, Mainigi, y Barnhart, 2017). Así pues, parece que este menor rendimiento cognitivo no se debería tanto al procedimiento de fecundación en sí mismo, sino a que las mujeres que recurren a él suelen poseer una serie de factores previos, así como otros desarrollados durante el embarazo, que serían los que realmente podrían estar afectando al neurodesarrollo posterior de los niños prematuros. En referencia a las apneas, debemos considerar que el cerebro es un órgano muy vulnerable y que requiere de una adecuada oxigenación. En este sentido, se ha visto que los niños prematuros que muestran una menor oxigenación cerebral, medida a través de la saturación de oxígeno en el tejido, obtenían también un peor rendimiento cognitivo (Verhagen y cols., 2015). Además, estas apneas pueden persistir durante los primeros meses de vida del niño y provocar diversos efectos, como un descenso del ritmo cardiaco y una menor oxigenación arterial y cerebral (Horne y cols., 2017). Cabría esperar, por tanto, que a mayor duración y gravedad de la apnea, mayor riesgo de recibir una inadecuada oxigenación cerebral que tuviera posteriormente su reflejo a nivel neuropsicológico. Así parecen demostrar los resultados cognitivos obtenidos por pacientes con apnea obstructiva crónica, los cuales rinden peor en dominios como la atención, las funciones ejecutivas y también la memoria (Davies y Harrington, 2016). A pesar de tratarse de poblaciones muy diferentes, no sería extraño encontrar que los defectos de oxígeno en el cerebro, especialmente en esta población vulnerable y en momentos tan tempranos de la vida, pudieran causar ciertas alteraciones cognitivas y mnésicas. En el caso de las hemorragias intraventriculares, la mayoría de las investigaciones concluyen que supone uno de los factores más importantes en el desarrollo posterior, no solo en la infancia (Bolisetty y cols., 2014; Mukerji, Shah, y Shah, 2015; Roze y cols., 2009; Woodward y cols., 2006), sino también en la adolescencia y la vida adulta (Nosarti y cols., 2011). Concretamente relacionado con el lenguaje, parece que sufrir de cualquier grado de hemorragia intraventricular al nacimiento se relaciona con puntuaciones que van desde la media esperable hasta una desviación típica por debajo de lo esperable en escalas de lenguaje, encontrándose más afectadas otras capacidades, como la cognición general o el desarrollo motor (Kidokoro y cols., 2014). Sin embargo, también se apunta a que la gravedad de la hemorragia se relaciona con la gravedad del daño, y así, hemorragias de grado más alto (III o IV) se asocian con mayor riesgo cognitivo que las de grado más bajo (I o II), que si bien también pueden afectar al neurodesarrollo posterior, lo hacen más levemente (Bolisetty y cols., 2014; Kidokoro y cols., 2014).

Cabe mencionar en nuestra muestra una serie de cuestiones en referencia a estos factores perinatales. En primer lugar, muchos de los que se han asociado en la literatura previa con un mayor riesgo en el desarrollo ni siquiera están presentes en nuestra muestra. Así por ejemplo ningún niño recibió una intervención de carácter invasivo, como intubación endotraqueal o procedimientos quirúrgicos. En este sentido, se ha visto que procedimientos de ventilación mecánica se relacionan con una peor memoria visoespacial (Aanes y cols., 2015) y más bajo nivel de CI (Breeman y cols., 2017) en la vida adulta de los nacidos prematuros. En el caso de las cirugías

a edad temprana, estos procedimientos parecen relacionarse con mayor riesgo de sufrir alguna alteración cognitiva, neurosensorial o dificultad de aprendizaje en la infancia (Flick y cols., 2011; Hunt y cols., 2018; Trivedi y cols., 2015), aunque en otros casos se halla que estos niños pueden llegar a alcanzar puntuaciones medias esperables en CI (Brouwer y cols., 2012). Tampoco se han hallado otros factores relevantes, como aquellos que causan una afectación neurológica directa, como la leucomalacia periventricular. En población prematura se ha podido objetivar que daños tempranos en la sustancia blanca se asociaron en el largo plazo con menor nivel de CI (Mangin y cols., 2017) y con menor desarrollo cognitivo generalizado (Kidokoro y cols., 2014). En segundo lugar, los factores hallados como significativos muestran una distribución muy irregular, como es el caso de la fecundación in vitro, solo presentada por un 10% de la muestra, y las apneas, presentadas por un 30%. En el caso de las hemorragias intraventriculares, nuestra muestra solo las ha padecido en su grado más leve, el grado I, alcanzando a un 25% de la muestra. No solo eso, sino que cuando analizamos la presencia de estos factores entre los niños que completaron el estudio, los que abandonaron y los que no respondieron, identificamos que existían diferencias entre estos grupos precisamente en los factores que hemos hallado como significativos para el desarrollo cognitivo y mnésico. Incluso cabe destacar que, en el caso de las hemorragias intraventriculares, en muchos niños pertenecientes a los tres grupos no se disponía de dicho dato. Esta distribución, unida a la imposibilidad de ejecutar análisis multivariados que nos permita considerar posibles covariables o la posible influencia de varios factores simultáneamente, hace difícil que los resultados comentados anteriormente sean concluyentes.

En resumen, es posible que aunque por edad gestacional y peso al nacer podrían ser considerados como niños con escasa probabilidad de presentar problemas cognitivos, tal y como demuestran los análisis de correlación, donde menor edad gestacional y menor peso al nacer no se ha relacionado con peor memoria o peor nivel cognitivo general, puede que la presencia de los factores perinatales, tales como apneas, hemorragias intraventriculares o los procedimientos de fecundación in vitro, hayan influido en este peor rendimiento. Es importante, sin embargo, considerar estos resultados con cautela, debido a la imposibilidad de conocer con mayor grado de exactitud si estas diferencias se deben a un único factor o existen otras variables perinatales que han influido sobre los resultados obtenidos.

5.1.7. Limitaciones

La presente investigación muestra una serie de limitaciones. En primer lugar, aquellas que afectan a ambos grupos de investigación son el tamaño muestral, que nos impide establecer conclusiones definitivas o generalizaciones considerando el número de niños participantes. Además, ambos grupos presentaban características sociodemográficas significativamente diferenciadas, tales como el nivel de educación del padre o el método de lactancia, que, al no ser variables controladas en los análisis, podrían afectar potencialmente a los resultados mostrados. Incluso dentro del propio grupo de prematuros hemos podido objetivar diferencias entre aquellos que completaron el estudio, aquellos que abandonaron y aquellos que no respondieron, destacando que los factores diferenciales entre grupos (fecundación in vitro, apneas y hemorragias intraventriculares) son precisamente los que han emergido como relacionados con el desarrollo cognitivo, y por tanto, los resultados obtenidos de este apartado de nuestro estudio parecen mostrar una validez muy limitada.

Por otro lado, la recogida de los datos de un grupo y otro ha sido muy diferente. Los prematuros han sido evaluados de manera longitudinal, con la presencia de sus progenitores y en un ambiente generalmente tranquilo y libre de distractores. Los controles han sido valorados de forma transversal, sin la presencia de sus progenitores y en un ambiente propio de una escuela de educación infantil, mucho más propenso a la presencia de ruidos y posibles factores de distracción. De esta forma, es posible que los datos de los controles presenten una menor validez que la de los prematuros, debido a una mayor facilidad para perder la atención, dadas las características ambientales, así como mayor tendencia a que emergieran conductas de irritabilidad o ansiedad por separación, al no contar con la presencia materna o paterna. Sería por ello recomendable en estudios posteriores contar con la participación de sus progenitores para tratar de minimizar la influencia de posibles conductas disruptivas sobre el protocolo de evaluación.

Por otra parte, como ya hemos mencionado, la tarea experimental Bebé-mnemo se ha diseñado de acuerdo a una dificultad creciente de las habilidades evolutivas relacionadas con la memoria visoespacial. Esta metodología, sin embargo, nos impide verificar si parte de la respuesta ejecutada por los niños se debe a una conducta perseverativa o no. Es por ello por lo que alterar el orden en que se administran las distintas subfases de Bebé-mnemo, especialmente entre la parte de demora y de actualización, nos permitiría comprobar si realmente existe influencia de la perseveración.

5.2. Orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica en infancia

5.2.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica en niños de 5 a 7 años, tanto en niños nacidos a término y de desarrollo típico como de niños prematuros de muy bajo peso. Así, nos planteamos en primer lugar, conocer el funcionamiento de la orientación espacial en cada grupo con el fin de verificar si estas capacidades progresan en estas edades, así como para saber si uno de los marcos de referencia se emplea con mayor eficacia que el otro. El propósito de estas tareas de orientación espacial es el de ser lo más funcionalmente relevantes posibles, permitiéndonos comparar directamente entre ambos tipos de orientación, a la vez de ser capaces de llevarse a cabo en entornos relativamente controlados y con una relativa facilidad de aplicación. Asimismo, estas tareas pueden plantearse tanto con finalidades investigadoras, para tratar de examinar estas funciones en otras poblaciones de riesgo en el neurodesarrollo, así como con finalidades diagnósticas, con el objetivo de detectar posibles dificultades en la orientación. Así pues, también nos propusimos comparar la ejecución en orientación espacial en ambos grupos, niños de desarrollo típico y niños prematuros, con el objetivo de comprobar si existe algún tipo de dificultad en estas capacidades asociado a la prematuridad. Además, las edades seleccionadas en este estudio, desde los 5 hasta los 7 años, representan un momento evolutivo clave por dos razones: por un lado, porque como hemos comprobado en base a la literatura previa parece que el desarrollo del marco aloécéntrico podría finalizar precisamente a los 7 años y, por otro lado, porque dicho periodo coincide con la incorporación de los niños al ámbito de la educación primaria, el cuál comenzará a ser progresivamente más demandante. Por ello, es posible que ciertas limitaciones presentadas por la población prematura, que hasta entonces no se habían manifestado, comiencen, debido al nivel de dificultad exigida durante esta etapa educativa.

Otro de los objetivos a abordar era conocer si existía relación entre el rendimiento en orientación espacial y diferentes tipos de factores. Por un lado, para ambos grupos, hemos examinado si existía alguna asociación entre la ejecución de las pruebas de memoria espacial y otras funciones cognitivas de carácter visoespacial, entre la presencia de conductas adaptativas o desadaptativas y entre otras medidas de memoria espacial en contextos diarios. Específicamente para cada grupo, también nos propusimos saber si en los niños controles existía algún tipo de relación con los niveles de cortisol salivales, mientras que, en el grupo prematuro, con diversos factores de riesgo perinatal, tales como algunas condiciones de la madre durante el embarazo o patologías, intervenciones o alteraciones neurológicas en el periodo neonatal y postnatal temprano. En nuestro conocimiento, no existen hasta la fecha estudios que hayan relacionado el rendimiento en orientación espacial con los niveles de cortisol en el desarrollo típico o con diferentes factores de riesgo perinatal en población prematura. Así pues, nuestro estudio no solo se ha centrado en la evaluación de la orientación espacial en sí misma, sino que además ha considerado posibles

factores relacionados en su ejecución, entendiendo que a pesar de que la orientación supone una capacidad diferenciada, su nivel de desarrollo y de ejecución puede estar relacionado con múltiples aspectos, entendiendo al niño como un sujeto complejo donde diferentes aspectos evolutivos se encuentran asociados los unos con los otros.

Nuestros principales resultados muestran que los niños prematuros de bajo peso al nacer presentan dificultades en sus capacidades mnésicas espaciales en entornos tridimensionales, así como en la orientación espacial aloécéntrica, cuyo rendimiento parece relacionarse con el funcionamiento de otras capacidades cognitivas, tales como las habilidades visoespaciales. En el caso de los controles, no hemos podido encontrar diferencias asociadas ni a la edad ni al género, probablemente debido a que las tareas experimentales se plantearon de manera excesivamente sencillas para esta muestra. Sin embargo, hemos encontrado que otros factores sí se relacionan con la ejecución en orientación espacial, concretamente, los niveles de cortisol salivales, la presencia de determinadas conductas adaptativas o desadaptativas, así como el desempeño en memoria espacial que muestra el niño en su día a día. Este último hallazgo es especialmente importante, dado que dota a nuestras tareas experimentales de cierta validez ecológica y funcional, reforzando el propósito por el que han sido planteadas. En el caso de los prematuros, no hemos encontrado que su edad gestacional o peso al nacer parezca relacionarse con su rendimiento cognitivo, aunque sí existe cierta influencia de otros factores de riesgo perinatales, tales como ser sometidos a una cirugía en momentos tempranos, haber sufrido una hemorragia intraventricular, sepsis tardía o enterocolitis necrotizante, haber recibido administración de CPAP y/o haber sido fruto de un embarazo múltiple.

5.2.2. Diferencias en la orientación espacial entre niños prematuros de muy bajo peso y niños a término

En primer lugar, se procedió a comparar el rendimiento en todas las tareas neuropsicológicas del grupo de niños prematuros con el de sus pares nacidos a término. Así pues, hemos encontrado que los niños prematuros presentan ciertas dificultades neuropsicológicas, focalizadas en su nivel de inteligencia general y en sus capacidades visoespaciales relacionadas con la direccionalidad y la interpretación de mapas. Estos resultados coinciden con los de estudios anteriores, en los que los niños que nacieron prematuramente tienden a puntuar menos en las pruebas de inteligencia, algunos de ellos cerca de los niveles límite (Caravale y cols., 2005; Fan y cols., 2013) y parecen presentar alteraciones en la percepción visoespacial (Butcher y cols., 2012; van Veen y cols., 2019).

Además, también hemos encontrado que la orientación espacial aloécéntrica parece afectada en esta población. Estudios previos, realizados en tareas virtuales y basados en respuestas aloécéntricas (Cimadevilla y cols., 2014) apoyan estos resultados, donde niños prematuros de 7 y 8 años de edad tienden a cometer más errores que sus pares nacidos a término. Como ya habíamos mencionado, el marco aloécéntrico depende, principalmente, de estructuras cerebrales como el hipocampo y el parahipocampo (O'Keefe y cols., 1978), las cuales no solo parecen ser algunas de las regiones alteradas del cerebro prematuro, sino que estas también están relacionadas con problemas de memoria visoespacial (Aanes y cols., 2019). Todo ello pone de manifiesto el por qué los niños prematuros pueden presentar este peor rendimiento en el marco aloécéntrico. Sin embargo, hemos comprobado que, si controlamos los resultados obtenidos en la parte A

Egocéntrica, no hallamos diferencias entre controles y prematuros en la tarea Egocéntrica B, indicando que en esta población podrían existir dificultades en la memoria a corto plazo que influyen negativamente sobre su orientación egocéntrica, sin que exista una afectación primaria de dicha capacidad. Hay que tener en cuenta que, aunque ambas pruebas reciben el nombre de *egocéntricas*, mientras que la parte A sirve como índice de memoria de referencia y a corto plazo visuoespacial a corto plazo en entornos tridimensionales, la parte B es la que realmente está evaluando el marco egocéntrico. En este sentido, sí que se ha podido comprobar que diferentes tipos de memoria, entre ellas la memoria de trabajo visuoespacial, están afectadas en los niños prematuros de diferentes edades, desde el primer año de vida con tareas como la permanencia de objetos (Lowe y cols., 2009; Sun y cols., 2009) a lo largo de la infancia (Baron y cols., 2010; Clark y Woodward, 2010; Espy y cols., 2002; Woodward y cols., 2005) e incluso en la adolescencia (Saavalainen y cols., 2007), cuyo rendimiento deficitario parece estar ligado a alteraciones en la sustancia blanca, la materia gris y el volumen total del cerebro (Clark y Woodward, 2010; Omizzolo y cols., 2014). Por otra parte, sabemos que el marco egocéntrico depende principalmente de estructuras cerebrales como el núcleo caudado (Cook y Kesner, 1988), aunque también participan otras áreas corticales, que en muchos casos son compartidas con el marco allocéntrico, como cortezas temporales, frontales, parietales y occipitales (Boccia y cols., 2014; Chen y cols., 2014; Saj y cols., 2014; Zaehle y cols., 2007). El estudio del caudado y los ganglios basales no ha sido muy extenso en la población prematura. Parece, sin embargo, que el crecimiento del caudado se ha relacionado directamente con el desarrollo de las capacidades visuomotoras (Young y cols., 2015), así como negativamente con la presencia de conductas hiperactivas y de ajuste social (Nosarti, Allin, Frangou, Rifkin, y Murray, 2005). Sin embargo, no existen estudios que relacionen estas alteraciones del caudado con un posible déficit del marco egocéntrico. Todo ello hace plausible la explicación de que el peor rendimiento egocéntrico tenga su origen en alteraciones de la memoria a corto plazo y de trabajo visuoespacial, que ya han sido previamente demostradas. No obstante, sería necesario contar con más investigación acerca de este tema para establecer conclusiones definitivas, no pudiendo descartar completamente que también existan problemas para emplear el marco egocéntrico. También es importante mencionar que el CI es la medida que mejor ha discriminado entre pretérmino y a término, seguida por las tareas de Memoria Espacial Egocéntrica A y Allocéntrica. Así pues, el rendimiento de la memoria visuoespacial y orientación espacial es más deficitario que el de las capacidades visuoespaciales y, por lo tanto, parece que incluir este tipo de tareas en la evaluación neuropsicológica de la población pretérmino podría ser útil para detectar este tipo de dificultades.

También se han analizado estas mismas diferencias entre prematuros y a término, pero tomando en consideración su edad y su género. En primer lugar, la edad de los participantes podría parecer un factor importante para comprender el desarrollo de las capacidades de orientación y visuoespaciales, donde los niños con menor edad tienden a obtener peores resultados que los mayores en dichas funciones. Mientras que las pruebas visuoespaciales (Descubrimiento de rutas y Puzles geométricos) discriminan entre todas las edades, la pruebas Allocéntrica diferencia al grupo de 5 años del resto de grupos, y la tarea Egocéntrica (parte B), entre los 5 y los 7 años. Sin embargo, parece que la única diferencia entre el rendimiento alcanzado por prematuros y controles en cuanto a la edad se halla en el bloque 1 allocéntrico, concretamente, entre los 5 y 6 años. Así pues, aunque la edad parece ser, en principio, un factor relevante, está claramente influenciada por la pertenencia al grupo experimental o de control, siendo estas diferencias debidas en mayor medida al nacimiento prematuro que a la edad de la participante. Por otro lado,

el género no parece ser relevante en el desempeño de la orientación espacial en la infancia. Es decir, los niños, ya sean nacidos prematuros o a término, no puntúan por encima de las niñas, ni viceversa. En estudios previos empleando tareas virtuales de orientación espacial, tanto los varones de desarrollo típico (León y cols., 2014) como los varones prematuros (Cimadevilla y cols., 2014) parecen tener un mejor desempeño que las niñas, especialmente cuando la tarea alcanza un mayor nivel de complejidad. Sin embargo, en las tareas llevadas a cabo en entornos reales, los resultados son aún contradictorios en los niños nacidos a término, encontrando algunos estudios que los niños superan a las niñas (Rodríguez-Andres y cols., 2018; Sorrentino y cols., 2019), mientras que otros no observan diferencia según el género (Ribordy y cols., 2013), e incluso otros hallan que las niñas logran mejores resultados que los niños (Bocchi y cols., 2018; Mandolesi, Petrosini, Menghini, Addona, y Vicari, 2009). Así, según nuestros resultados, el rendimiento allocéntrico y egocéntrico sigue siendo igual para niños y niñas. Por tanto, la influencia del género sobre el desempeño de las tareas de orientación espacial en infancia no queda claramente definido, cuestión que puede ser abordada en futuras investigaciones.

5.2.3. Orientación espacial en niños a término y de desarrollo típico

En primer lugar, se ha examinado el rendimiento en orientación espacial egocéntrica y allocéntrica, así como en otras funciones visoespaciales, en el grupo de niños de desarrollo típico. En este caso, hemos hallado que las capacidades visoespaciales mejoran entre los 5 y los 7 años, concretamente, la capacidad de rotación mental mejora a los 6 en comparación a los 5 años, y a los 7 en comparación a los 6 años. Aunque sabemos que la capacidad de rotación mental comienza a desarrollarse muy temprano en la infancia, mostrando ya los primeros signos a los 6 meses de edad (Frick, Möhring, y Newcombe, 2014), parece que comienza a mejorar notablemente a los 3 años (Kruger, 2018), encontrando puntuaciones por encima del azar a los 5 años (Frick, Ferrara, y Newcombe, 2013). Todo este progreso continúa al menos a los 7 años, aunque parece que hasta los 10 años los niños no alcanzarán la misma precisión que los adultos (Wimmer, Robinson, y Doherty, 2017). Por otro lado, el funcionamiento visoespacial y la memoria en el desarrollo típico en la infancia se han asociado con el procesamiento espacial y con habilidades numéricas (Cornu, Schiltz, Martin, y Hornung, 2018; Crollen y Noel, 2015), por lo que pueden terminar, finalmente, afectando a algunas habilidades de aprendizaje, principalmente al rendimiento matemático y aritmético (Foley, Vasilyeva, y Laski, 2017; Y. Li y Geary, 2013, 2017). Así, cabe destacar que, aunque estemos hablando de niños sin aparentes problemas, hay que considerar que su funcionamiento cognitivo también puede influenciar aspectos de su vida cotidiana, como es, en este caso, el rendimiento escolar.

Sin embargo, no hallamos mejoras en la orientación espacial a estas edades en niños controles. La falta de progreso en estas habilidades de orientación espacial es contraria a lo encontrado en estudios previos, donde sí concluyen diferencias entre los 5 y 7 años en el marco allocéntrico (Bullens, Klugkist, y Postma, 2011; León y cols., 2014; Mandolesi y cols., 2009), en el marco egocéntrico (Juan y cols., 2014) y en ambos marcos (Nardini, Jones, y cols., 2008). Sin embargo, es importante mencionar que existen grandes diferencias metodológicas entre estas tareas experimentales y las aquí presentadas. Algunos estudios incluyen conjuntamente a niños de 7 y 8 años (Juan y cols., 2014; Mandolesi y cols., 2009; Nardini, Jones, y cols., 2008), así como a niños de 5 años con edades menores (Mandolesi y cols., 2009; Nardini, Jones, y cols., 2008). Otras tareas, además, se desarrollan en entornos virtuales (León y cols., 2014), con la consiguiente dificultad de

comparar ambos procedimientos. Aunque sí se ha hallado que entre los 5 y los 7 años existe una mayor velocidad en navegación espacial (Leplow y cols., 2003), parámetro que nosotros no hemos registrado en esta investigación, los resultados significativos en tanto a respuestas acertadas o a errores sólo aparecen cuando los niños de 5 años de edad son comparados con sus compañeros mayores (10 años o más). A pesar de la falta de resultados estadísticamente significativos, investigaciones previas también encuentran pequeñas mejoras, específicamente entre las edades de 5, 6 y 7 años, en sus habilidades de orientación (Piccardi y cols., 2014; Rodríguez-Andres y cols., 2016), que sí son consistentes con nuestros resultados descriptivos. Entre los tres grupos de edad, la ejecución es casi la misma en la Parte A Egocéntrica (90,48% vs. 94,29% vs. 94,29% de respuestas correctas, respectivamente para los 5, 6 y 7 años) y en la Parte B Egocéntrica (63% vs. 67,14% vs. 71%), pero existe una diferencia ligeramente más marcada en la prueba Alocéntrica entre los 5 años en comparación con los 6 y 7 años (62,69% vs. 75,17% vs. 78,95%). Así, podemos observar como en el grupo de 5 años existe todavía un amplio margen de mejoría en la prueba Alocéntrica. También cabe mencionar que, salvo la parte A Egocéntrica, que alcanza casi un efecto techo, en el resto de las tareas y en todos los grupos de edad, no se observa un efecto techo. Por lo tanto, es posible que, en etapas posteriores de desarrollo, el nivel de mejora en estas pruebas pueda seguir aumentando. En este trabajo, con el fin de minimizar la influencia del span visuoespacial, sólo se emplearon dos ítems a recordar. Según resultados previos, el span visuoespacial medio alcanzado en una tarea egocéntrica, esto es, el número de ítems posibles a memorizar tomando una perspectiva egocéntrica, es de unos 1,90 ítems para los 5 años, de 2,43 ítems para los 6 años y de 3,08 ítems para los 7 años (Piccardi y cols., 2014). Por lo tanto, el empleo de dos ítems parece ser apropiado para los niños de 5 años, pero esta misma cantidad de ítems podría subestimar el rendimiento de los niños de 7 años. Por ello, las futuras investigaciones podrían ir dirigidas a la evaluación de niños de diferentes edades, tanto de mayor como de menor edad, con el fin de verificar a qué edad comienzan a ser eficaces en estas tareas, así como para saber cuándo se realizan con la máxima eficiencia, alcanzando ese efecto techo anteriormente comentado. Otra posible opción futura es tratar de aumentar el span visuoespacial en los niños mayores incluyendo un mayor número de elementos a recordar, para tratar de realizar pruebas más ajustadas a su nivel de competencia.

También se procedió a comprobar si existían diferencias en el rendimiento asociadas al género de los niños. Sin embargo, no encontramos diferencias de género en ninguna de las capacidades medidas, ni habilidades visoespaciales ni orientación espacial. Comenzando con los resultados en orientación espacial, en algunas investigaciones anteriores tampoco se encontró influencia del género en edades similares a las registradas en nuestro trabajo (Juan y cols., 2014; Leplow y cols., 2003; Nemmi y cols., 2015; Rodríguez-Andres y cols., 2016), hallando, incluso, que a los 5 años, los niños cometen más errores que las niñas en una tarea alocéntrica, aunque dichas diferencias desaparecen a los 6 y a los 7 años (Mandolesi y cols., 2009). También, parece que cuando se encuentran diferencias de género a estas edades, estas se deben a la complejidad de la prueba, donde los niños superan a las niñas a los 6 y 7 años, pero sólo cuando la prueba de orientación espacial es más difícil, por ejemplo, buscar una única ubicación premiada frente a tres ubicaciones premiadas (León y cols., 2014). En el trabajo realizado en población adulta joven con estas mismas tareas en su versión para adultos, se halla que los hombres rinden mejor que las mujeres en ambos marcos de referencia (Fernandez-Baizan, Arias, y Mendez, 2019). Por lo tanto, parece que las diferencias a favor del género masculino aparecen más tarde en el desarrollo, en general y de una forma relativamente consistente, a partir de los 13 años (Nazareth, Huang, Voyer, y Newcombe,

2019). Estos resultados podrían deberse, como señalan los autores, a la experiencia recibida y a las normas sociales asociadas con los roles de género, precisamente a unas edades donde el comportamiento de navegación comienza a ser más independiente (Nazareth y cols., 2019), aunque también podría deberse a la secreción de hormonas sexuales, donde la testosterona parece favorecer a los hombres (Driscoll y cols., 2005). Por tanto, el comienzo de la pubertad podría ser la etapa de desarrollo en la que las diferencias de género en la orientación espacial comienzan a ser más marcadas, y por este motivo, dichas diferencias no se encuentran en las edades medidas en este estudio.

Se procedió también a comprobar si existían diferencias en el rendimiento a lo largo de los bloques aloécnicos, donde, en el caso de los niños controles, mostraron un desempeño relativamente homogéneo a lo largo de la prueba aloécnica. Al contrastar el rendimiento entre ambos tipos de orientación, egocéntrica y aloécnica, tampoco hallamos un mejor rendimiento de un marco de referencia sobre el otro, es decir, parece que los niños de estas edades realizan con el mismo nivel de eficacia las tareas Egocéntrica y Aloécnica. Actualmente es sabido que mientras que el marco egocéntrico emerge muy temprano en el desarrollo (Acredolo, 1978; Acredolo y Evans, 1980), la estrategia aloécnica alcanza niveles similares al desempeño de los adultos entre la franja de edad de los 7 a los 10 años (Leplow y cols., 2003; Overman y cols., 1996; Ruggiero y cols., 2016). Por lo tanto, la ausencia de un mejor rendimiento de la estrategia egocéntrica sobre la aloécnica, tal y como podría caber esperar de acuerdo con el desarrollo evolutivo de estas funciones, puede deberse a varias razones. En primer lugar, aunque el marco aloécnico no está completamente desarrollado, no parece existir un claro acuerdo en los diferentes estudios que indique hacia qué marco de referencia existe preferencia durante la infancia. Se ha encontrado, por un lado, que los niños utilizan espontáneamente la estrategia aloécnica en lugar de la egocéntrica cuando se dispone de ambas informaciones (Yang y cols., 2019) y, por otro lado, que los niños emplean con mayor frecuencia una respuesta egocéntrica en lugar de la aloécnica (Bullens, Iglói, y cols., 2010; Hu y cols., 2018). Sin embargo, debemos mencionar que estos estudios combinan ambas fuentes de información en el mismo procedimiento experimental, mientras que, en nuestra investigación, analizamos cada una por separado. Así, puede ocurrir que, el predominio de un marco de referencia sobre el otro se produzca en situaciones con información espacial simultánea y/o conflictiva, aunque cuando se analizan de forma aislada, estas diferencias no se encuentran. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, la selección de un número bajo de ítems a memorizar puede hacer que la tarea sea sencilla para los niños más mayores, por lo tanto, no nos permite detectar que, efectivamente, el marco aloécnico no ha terminado su desarrollo. Este mismo razonamiento podría aplicarse a por qué no hay efecto de aprendizaje en los bloques de la tarea Aloécnica. Teniendo en cuenta los valores descriptivos, podemos ver cómo el rendimiento ya en el primer bloque alcanza valores altos para todos los grupos de edad y permanece más o menos estable a lo largo de los bloques, con pequeñas diferencias. Esto indica que los niños son capaces de emitir una respuesta de orientación desde el momento en que comienza la tarea, por lo tanto, dado el dominio inicial de la misma, no se puede observar un efecto de aprendizaje progresivo. Como ya hemos mencionado, posibles líneas futuras de investigación podrían tratar de hacer más compleja la tarea añadiendo más ítems, tanto para intentar observar un posible efecto de aprendizaje entre bloques como para verificar si, introduciendo una mayor dificultad, aparecen diferencias entre el marco egocéntrico y el aloécnico. Sin embargo, sí encontramos diferencias entre las partes A y B Egocéntricas, con puntuaciones más altas en la primera parte para todos los grupos de edad. Como hemos mencionado previamente, la parte A sirve como una medida de la

capacidad de memorizar ubicaciones espaciales en un entorno tridimensional a corto plazo, así como una medida de control para la segunda parte. Por otro lado, la parte B es la que mide la orientación egocéntrica en sí misma. Así, los resultados encontrados indican que la parte A (span) es una buena medida de control para la ejecución de la parte B (egocéntrica), sabiendo que en la primera se espera prácticamente un efecto techo. Por lo tanto, si un niño no realiza correctamente la parte A, es de esperar que los errores encontrados en la parte B no se deban a un problema de orientación egocéntrica, o, al menos, no únicamente. Además, estos mismos resultados no solo son consistentes con hallazgos anteriores, donde los niños se desempeñan mejor cuando su visión egocéntrica permanece estable, en oposición a cuando esa visión se rota 90° o 180° (Vander Heyden, Huizinga, Raijmakers, y Jolles, 2017), sino que son equivalentes a los hallados en población adulta joven y mayor.

También se ha analizado si el rendimiento en orientación espacial se relaciona a su vez con la ejecución de otras tareas neuropsicológicas. Así, hemos encontrado que la función más interrelacionada con las capacidades de orientación espacial es la direccionalidad y el establecimiento de relaciones espaciales visuales, medidas a través de la prueba Descubrimiento de rutas, estando relacionada tanto como con el CI (RIST) como con las diferentes habilidades de orientación: memoria visuoespacial 3D a corto plazo (parte Egocéntrica A) la orientación egocéntrica (parte Egocéntrica B) y orientación allocéntrica. Por lo tanto, podemos concluir que la ejecución de las tareas de orientación espacial tridimensional se relaciona parcialmente del desarrollo de las habilidades visuoespaciales, y viceversa, ya que, dada la naturaleza del análisis de correlación, no es posible establecer una relación causal. Por otro lado, resulta sorprendente la ausencia de relación entre las habilidades de rotación mental (Puzles geométricos) y la orientación egocéntrica (parte B Egocéntrica). La primera tarea implica la rotación mental de imágenes, mientras que la segunda requiere la actualización de la información visuoespacial desde un nuevo punto de vista, tras la rotación de la posición del cuerpo del participante, y por ello, el procedimiento para resolver una y otra tarea es relativamente similar. Así, estos resultados apuntan que la evaluación de las habilidades visuoespaciales tradicionales, empleado tareas de lápiz y papel y en 2 dimensiones, no mide completamente todas las capacidades implicadas en la cognición espacial y, por lo tanto, la inclusión de medidas tridimensionales y funcionales sería apropiada para conseguir una evaluación completa de estas capacidades. Por otra parte, observamos también una asociación entre la orientación egocéntrica (Parte Egocéntrica B) y la tarea Allocéntrica, aunque con una baja magnitud del efecto. Esta relación podría indicar que los niños tratan de aplicar información allocéntrica para resolver la tarea egocéntrica y viceversa, lo que, en principio, puede resultar poco eficiente. También puede ocurrir que, debido a que la tarea Allocéntrica ha sido diseñada con propósitos funcionales, donde el niño debe moverse, actuar y en general, recibir toda una serie de fuentes de estimulación propioceptivas y vestibulares, es posible que parte del rendimiento alcanzado en la tarea Allocéntrica se deba al uso conjunto de información allocéntrica y egocéntrica. Por tanto, no podemos asegurar que durante la administración de la prueba Allocéntrica halla algunos niños que empleen fuentes de información egocéntricas. Por otra parte, la ausencia de relación entre las partes A y B Egocéntricas indica que ambas tareas, efectivamente, miden capacidades dissociadas, indicando, como ya hemos comentado, que ambas partes evalúan funciones cognitivas diferenciadas.

Finalmente, hemos relacionado la ejecución en los marcos egocéntrico y allocéntrico con otros factores, y así, hemos podido comprobar cómo la regulación hormonal del cortisol, el

comportamiento y el bienestar emocional, así como el desempeño de la memoria espacial en la vida diaria guardan relación el rendimiento en orientación espacial.

En primer lugar, niveles elevados de cortisol salival se asocian con un mejor rendimiento en el marco aloctrico. Así, nuestros resultados coinciden con los de Bohbot (Bohbot y cols., 2011), donde los sujetos adultos sanos que presentaron niveles más altos de cortisol son los que utilizaron más eficazmente la orientación aloctrica. Por lo tanto, aunque los niveles de cortisol asociados con el estrés crónico, por lo tanto, prolongados en el tiempo, parecen afectar la función del hipocampo (McEwen y Sapolsky, 1995), parece que los niveles puntualmente elevados de esta hormona pueden favorecer un mejor desempeño en la orientación aloctrica. En nuestro conocimiento, no se han publicado datos normativos del cortisol salival en sujetos sanos para las edades y en el rango de horas consideradas en este estudio. Un estudio que coincide en edad y horas de recolección analiza el cortisol en sangre (Knutsson y cols., 1997), no siendo posible realizar una conversión directa sangre-saliva. Como se mencionó anteriormente, la decisión de recoger las muestras en saliva se debe a sus múltiples ventajas, siendo la principal su baja invasividad, en comparación con su análisis en suero. En muestras de saliva, niños entre 9 y 12 años con datos de cortisol registrados a las 15:00 horas muestran valores medios de 0.16 µg/dl, con un rango de 0.07 y 0.33 (Catherine, Schonert-Reichl, Hertzman, y Oberlander, 2012). En otro estudio con muestras recogidas a las 20:00 horas, niños de 6 años muestran un rango entre 0,076 µg/dl y 0,612 µg/dl, niñas de 6 entre 0,076 µg/dl y 0,336 µg/dl, niños de 7 entre 0,043 µg/dl y 0,893 µg/dl y niñas de 7 entre 0,054 µg/dl y 0,638 µg/dl (Törnbage y Alfvén, 2006). Analizando nuestros resultados (rango total 0.054-0.317 g/dl), nuestros datos estarían dentro de los valores propuestos por este último estudio. A pesar de ello, es difícil concluir que los niveles de cortisol de nuestra muestra estén dentro de los valores normativos, de acuerdo con los ritmos circadianos. En general, sí podemos concluir que, aunque los niveles altos de cortisol podrían ser un signo de estrés, los niveles moderadamente altos podrían favorecer el rendimiento en la orientación aloctrica.

Por otra parte, el comportamiento del niño parece tener cierta relación con el funcionamiento de la orientación espacial. Más específicamente, parece que un mejor rendimiento de la memoria visuoespacial 3D a corto plazo (parte A Egocéntrica) se encontraría en niños con menores puntuaciones en depresión, así como en niños con mayores habilidades de liderazgo. Por otro lado, los niños con un comportamiento más hiperactivo parecen realizar peor la orientación aloctrica. Tanto en sujetos adultos como en modelos animales, los síntomas depresivos se han relacionado con varios trastornos de la memoria, tales como autobiográficos (Kohler y cols., 2015), prospectivos (McFarland y Vasterling, 2018), visuoespaciales (Gallagher, Gray, y Kessels, 2015; Klojcnik, Kavcic, y Bakracevic Vukman, 2017) y espaciales (Han, Wang, Bian, Zhou, y Ruan, 2015; Lim y cols., 2018). En niños y adolescentes, aún no está claro que posibles problemas en la memoria de trabajo espacial puedan estar relacionados con los síntomas asociados al trastorno depresivo (Vilgis, Silk, y Vance, 2015). Por su parte, el comportamiento hiperactivo se ha relacionado con déficits en memoria, concretamente, en la memoria de trabajo en los trastornos como el TDAH (Pievsky y McGrath, 2018). Además, hay que considerar que la aplicación de nuestra prueba Aloctrica requiere que el niño se mueva, y a pesar de que el examinador guíe este movimiento, es probable que los niños que manifiestan un comportamiento más activo tiendan a no mantenerse estáticos en las posiciones indicadas, influyendo así en los resultados obtenidos. Estudios anteriores han vinculado la posible influencia del comportamiento en las tareas de navegación espacial, encontrando que los niños que navegaban más rápido puntuaban más alto en agresividad, y que aquellos niños que puntuaban más alto en retraimiento y problemas de

atención tenían un comportamiento más exploratorio (Rodríguez-Andres y cols., 2018). Todos estos resultados destacan la importancia de considerar el comportamiento adaptativo e desadaptativo en el rendimiento de la orientación espacial.

Por último, el desempeño de la memoria en entornos cotidianos se relaciona con nuestras tareas de orientación espacial. Así, encontramos que la parte A Egocéntrica está principalmente asociada con aquellos ítems referidos a la memoria a corto plazo y a la memoria de trabajo, tales como recordar una ruta para llegar a casa (Ítem 12), reconocer lugares previamente visitados (Ítem 66) y olvidar la explicación de cómo llegar a un lugar al que le acaban de decir cómo ir (Ítem 36). La memoria a corto plazo es una función claramente implicada en todos estos procesos, ya que requieren el mantenimiento de la información espacial, especialmente en el Ítem 3, relacionado con el aprendizaje y posterior recuerdo de la información espacial a corto plazo. La memoria de trabajo, relacionada con la recuperación de la información previamente almacenada, está asociada a los Ítems 12 y 66: recordar cómo llegar a casa y reconocer lugares previamente visitados. Cabe mencionar que, aunque consideramos que la tarea A Egocéntrica está evaluando la memoria espacial a corto plazo, a medida que avanza la tarea también comienza a incluir un componente más ejecutivo, relacionado la memoria de trabajo, dado que el niño debe sustituir la información previamente aprendida por la nueva información para evitar interferencias en nuevos ensayos. En cuanto a la prueba Alocéntrica, podemos observar que principalmente se relaciona con ítems directamente relacionados con la navegación, el aprendizaje y el seguimiento de rutas. Así, esta tarea se relaciona con una buena orientación espacial del niño percibida por los padres (Ítem 17) y con una baja frecuencia de pérdida en lugares conocidos (Ítem 45), así como con una buena memoria de localización, donde el niño sabe dónde deja sus objetos (Ítem 39). Aunque este último ítem (Ítem 39) sería el menos relacionado con la orientación espacial propiamente dicha que es comúnmente llevada a cabo en entornos abiertos, podríamos suponer que la memoria de localización de objetos también puede depender de puntos de referencia alocéntricos, pero un entorno cerrado (por ejemplo, debajo de la cama, en el tercer cajón del escritorio, etc.). Es importante destacar que la tarea Egocéntrica B no ha mostrado correlaciones significativas con la memoria espacial cotidiana. Así, la evaluación de la orientación egocéntrica parece funcionar independientemente de las otras pruebas y parece poseer una menor relevancia funcional. También es importante señalar, como ya mencionamos, que no es posible descartar que los niños estén utilizando algunas señales egocéntricas durante la ejecución de la tarea Alocéntrica, ya que no podemos anular todas esas informaciones vestibulares, propioceptivas, etc. que están presentes en la tarea. Por lo tanto, las asociaciones encontradas en la prueba Alocéntrica podrían incluir la capacidad de procesar la información egocéntrica presente durante la resolución de la prueba.

5.2.4. Orientación espacial en niños prematuros de bajo peso al nacer

Se procedió, en primer lugar, a verificar si dentro del grupo de niños prematuros las habilidades medidas progresaban en las diferentes edades. Así, hemos observado que los prematuros mejoran sus habilidades alocéntricas de 5 a 6 años, mientras que, de 5 a 7, mejoran tanto en sus funciones alocéntricas como egocéntricas (parte B). Comentábamos al hablar de los niños nacidos a término que no existía dicha mejora asociada a la edad. Por ello, esto indica que los niños prematuros, en comparación con los controles, presentan un curso de desarrollo no solo más tardío, sino diferente, en sus capacidades de orientación espacial. Por otro lado, en la comparación entre

controles y prematuros, los resultados de la parte B Egocéntrica se igualaban entre grupos a los 6 y 7 años. No obstante, cuando consideramos solo los datos de los prematuros, observamos que su ejecución mejora a los 7 años en comparación con los 5. Estos dos resultados tomados de manera conjunta parecen apuntar a que este menor rendimiento del marco egocéntrico se focaliza a los 5 años en la población prematura, y, a partir de dicha edad, tiende a equipararse con los nacidos a término. Sin embargo, para la tarea Alocéntrica en la muestra pretérmino, la mejoría se da de forma más progresiva a través de los diferentes grupos de edad, aunque en este caso no llegan a alcanzar el rendimiento de los controles ni siquiera a los 7 años. Por lo tanto, cabe esperar que la ejecución de esta tarea continúe mejorando en edades más avanzadas, quizás llegando en algún punto también a igualarse con los nacidos a término, cuestión que podría ser abordada en investigaciones futuras.

También se ha procedido a realizar una comparación entre las propias tareas de orientación espacial dentro de la muestra prematura. En este caso, los niños prematuros también realizan con mayor eficacia la parte A Egocéntrica que la parte B. Como ya hemos comentado anteriormente, estas tareas evalúan diferentes funciones: la parte A se centra en la evaluación en la memoria visuoespacial a corto plazo y la parte B, registra una respuesta egocéntrica pura. Además, la parte A también cumple una función de medida de control para la parte B, es decir, si un niño presenta dificultades y obtiene una puntuación baja en la parte A, que se considera supuestamente más fácil ya que no implica cambios de posición, no podemos concluir que presente problemas de orientación egocéntrica si el rendimiento en la parte B es también deficitario. De hecho, hemos podido comprobar que cuando consideramos el rendimiento en la parte A, los niños prematuros igualan a los controles en su ejecución de la parte B, lo que indica que efectivamente se trata de una adecuada prueba de control. La mayor facilidad de realizar una tarea donde el punto de vista egocéntrico sea el mismo, en comparación a si ha sido rotado, ya ha sido demostrado previamente en población infantil control (Vander Heyden y cols., 2017). Por lo tanto, parece que, efectivamente, la parte A es más fácil de resolver que la parte B tanto para los niños prematuros como para nacidos a término, aunque sorprendentemente, estas diferencias son más marcadas en los controles que en los prematuros. Estos resultados podrían señalar que, en el grupo de prematuros, el rendimiento de la parte A no difiere tanto del de la parte B, por lo tanto, los niños prematuros podrían mostrar dificultades memoria visuoespacial a corto plazo (parte A) que afectan negativamente al desempeño de la orientación egocéntrica (parte B). También por la misma razón, dado que los nacidos a término rinden en la parte A casi alcanzando un efecto techo, la comparativa con la parte B es más notable. De esta manera, podemos concluir que tanto la parte A como la parte B parecen relevantes para evaluar la orientación egocéntrica, una para controlar el rendimiento de la memoria visuoespacial y la otra para evaluar la respuesta puramente egocéntrica. También se repite la situación, igual que en los nacidos a término, en la comparación entre la tarea Egocéntrica y Alocéntrica, donde las puntuaciones alcanzadas por los prematuros parecen ser similares en ambas pruebas. Como comentábamos al hablar de los niños controles, no existe en la literatura un claro acuerdo de qué preferencia existe por los marcos de referencia durante la infancia (Bullens, Iglói, y cols., 2010; Hu y cols., 2018; Yang y cols., 2019), aunque estos datos son referidos a niños de desarrollo típico. Por tanto, parece que controles y prematuros no presentan un predominio de una estrategia de orientación sobre la otra. Sin embargo y a diferencia de los niños controles, sí observamos que existen diferencias entre los bloques alocéntricos en los prematuros, en concreto, en el primer y segundo bloque, así como entre el primer y tercer bloque, es decir, observamos que estas diferencias se focalizan en el primer bloque alocéntrico con

respecto a los demás. Atendiendo a los valores descriptivos, también vemos que el rendimiento de este grupo no muestra una curva de aprendizaje clara, sino que los valores son más altos en el primer bloque, descienden en el segundo y se recuperan parcialmente en el tercero, sin alcanzar las puntuaciones del primer bloque. Por lo tanto, no podemos concluir que estas diferencias se deban a problemas de aprendizaje, ya que, de hecho, en el primer bloque es donde obtienen un rendimiento superior. Otras posibles explicaciones podrían aludir a factores como la fatiga, dado que esta tarea se llevó a cabo la última dentro del protocolo de evaluación y su administración, en comparación con otras pruebas, conlleva más tiempo. Por otro lado, las funciones neuropsicológicas que se han encontrado alteradas en niños prematuros, como la atención (Arpi y Ferrari, 2013; Franz y cols., 2018) y/o la memoria de trabajo (Beauchamp y cols., 2008; Clark y Woodward, 2010; Jongbloed-Pereboom y cols., 2012), podrían estar influyendo en estos resultados: el nivel de atención podría disminuir a lo largo de la tarea y los problemas de memoria de trabajo podrían causar que los ensayos previamente aprendidos interfirieran en el rendimiento de los más recientes. Finalmente, otro factor posible sería la falta de motivación, especialmente en aquellos niños que cometían un mayor número de errores, ya que esta es la única tarea en la cual estos eran corregidos y, con ello, podrían aumentar su frustración y desmotivación para los siguientes bloques al hacerlos conscientes de que no estaban realizando correctamente la tarea. En base a nuestros datos actuales, no podemos establecer conclusiones definitivas que expliquen este curso de rendimiento en los bloqueos aloécnicos en la muestra prematura, cuestión que podría abordarse en investigaciones futuras.

También se ha procedido a examinar las relaciones existentes entre las pruebas neuropsicológicas. Así, en la muestra prematura, todas las tareas de orientación espacial se relacionan con las demás medidas neuropsicológicas de CI y capacidades visuoespaciales. Sin embargo, en este caso los resultados no coinciden con los hallados en los controles. Así, en los prematuros, el número de asociaciones entre variables es mayor y todas ellas presentan mayor magnitud de correlación. Como era de esperar, las capacidades visuoespaciales, especialmente las relacionadas con la direccionalidad y el establecimiento de relaciones espaciales, se relacionan con los resultados de la orientación espacial en los prematuros, especialmente en la tarea Aloécnica, pero también en la Egocéntrica. Así pues, y basándonos en la administración de la tarea de Descubrimiento de rutas, parece que emplear una estrategia egocéntrica 2D es lo más eficaz para resolver la tarea resolver la tarea, ya que no existen puntos de referencia que ayuden a poner en marcha una respuesta aloécnica. Por lo tanto, dadas las correlaciones halladas, podría parecer que los prematuros podrían utilizar también la estrategia aloécnica para hacer frente a la prueba de Descubrimiento de rutas, y viceversa, es decir, que tratan de aplicar habilidades de direccionalidad para colocar las tarjetas correctamente durante la prueba Aloécnica. Además, parece que los prematuros podrían emplear también las habilidades de rotación mental para orientarse durante las pruebas de memoria espacial. De hecho, estas habilidades podrían ser útiles, especialmente para resolver la parte B Egocéntrica, haciendo que el niño sea consciente de su localización original y cómo esta ha cambiado para poder posicionar las cartas correctamente. Sin embargo, parece que sólo los prematuros dan uso a esta habilidad. Esto puede indicar que en los controles es suficiente emplear una estrategia puramente egocéntrica para resolver las tareas, mientras que los prematuros necesitan emplear funciones cognitivas complementarias. La relación entre el CI y las otras tareas espaciales en la muestra pretérmino es especialmente llamativa, ya que las funciones involucradas en estas pruebas no son las mismas, ni siquiera similares. Estas asociaciones refuerzan la idea de que los prematuros utilizan diferentes funciones adicionales para resolver las tareas de orientación

espacial. Sin embargo, también encontramos que, en los controles, el CI está relacionado con la parte A egocéntrica. Así pues, la inteligencia fluida, capacidad medida en el test empleado para la estimación del CI, se ha asociado con el rendimiento en memoria de trabajo (Shipstead, Harrison, y Engle, 2016). Por lo tanto, podríamos pensar que, para la resolución de esta tarea, los niños prematuros y de desarrollo típico emplearían habilidades relacionadas con la inteligencia fluida, como la capacidad de hacer frente a un nuevo reto, planificación, flexibilidad, etc., no experimentado anteriormente. Dado que la parte A Egocéntrica es la primera tarea de orientación que se aplica, es de esperar que sea aquí donde más se utilice la inteligencia fluida, dada su novedad. Sin embargo, en tareas espaciales sucesivas, los niños controles parecen generalizar estas estrategias previamente utilizadas para enfrentarse a estas nuevas pruebas. Sin embargo, esta situación no parece ocurrir en los prematuros, ya que siguen utilizando sus habilidades de inteligencia en todas las tareas espaciales experimentales.

A continuación, fueron puestos en relación diversos factores de riesgo perinatal con su rendimiento neuropsicológico, y así hemos encontrado que aquellas enfermedades, condiciones, procedimientos, etc. acontecidos en el periodo prenatal y postnatal temprano relacionados con un peor CI fueron los procedimientos quirúrgicos y la enterocolitis necrotizante; los relacionados con dificultades visuoespaciales fueron el parto por cesárea, la presión positiva continua aérea, los procedimientos quirúrgicos, la sepsis y la hemorragia intraventricular; los asociados con el rendimiento egocéntrico fueron la cirugía, la enterocolitis necrotizante y las hemorragias intraventriculares, mientras que el desempeño de la tarea aloécéntrica se relacionó con el parto múltiple y las hemorragias intraventriculares. Por otro lado, observamos que la capacidad más afectada por los diferentes factores de riesgo es la visuoespacial, seguida de la capacidad de orientación egocéntrica, y, por último, el cociente intelectual y el rendimiento aloécéntrico. En términos de frecuencia, encontramos que ser sometido a un procedimiento quirúrgico en estos momentos tan tempranos de la vida es el factor de riesgo relacionado con el mayor número de disfunciones cognitivas, seguido de la hemorragia intraventricular, la sepsis tardía, la enterocolitis necrotizante y, por último, la CPAP y el tipo de embarazo y parto (múltiple/único y vaginal/cesárea). De acuerdo con estudios previos, estas cirugías precoces en población prematura parecen relacionarse con un mayor riesgo de padecer una futura discapacidad neurosensorial (Hunt y cols., 2018), así como deterioro cognitivo (Trivedi y cols., 2015) y problemas de aprendizaje (Flick y cols., 2011). Concretamente, nuestra muestra fue sometida a cirugías bien para la hidrocefalia o bien para la enterocolitis necrotizante y, así, se ha podido comprobar que el riesgo de discapacidad parece mayor cuando los niños prematuros se sometieron a una operación de drenaje ventricular o a una cirugía intestinal (Hunt y cols., 2018). Sin embargo, los propios autores concluyen que el tipo de cirugía que se había llevado a cabo no es tan importante como si se ha realizado o no, es decir, que haber sido operado a edades tempranas, independientemente del tipo de intervención, explicaba este mayor riesgo en el neurodesarrollo posterior. Algunos factores apuntados en este estudio se referían a la invasividad del procedimiento, a la intubación o a las posibles complicaciones durante el procedimiento como las causas potenciales de los peores resultados neuropsicológicos en esta población. En otros casos, relacionan este tipo de procedimientos más invasivos con experiencias dolorosas tempranas, que a su vez causan mayor estrés temprano, teniendo ello consecuencias a nivel conductual y temperamental (Gaspardo y cols., 2018). Las hemorragias cerebrales tempranas se relacionan con un mayor impacto en el neurodesarrollo, tanto en los muy prematuros como en los extremadamente prematuros (Bolisetty y cols., 2014; Mukerji y cols., 2015), y se asociaron con un deterioro neuropsicológico

posterior a lo largo de la infancia (Roze y cols., 2009) e incluso en la adolescencia y en los primeros años de la edad adulta (Nosarti y cols., 2011). Cabe mencionar que, si bien la severidad de estos déficits parece estar directamente relacionados con el grado de la hemorragia como ya comentamos en el caso de los prematuros menores de dos años, en nuestra muestra dichos grados no están distribuidos equitativamente, siendo los tipos 0 y I los más frecuentes. Por lo tanto, la ausencia de diferencias de acuerdo con el grado de hemorragia (0 vs I vs II vs III) podría deberse a las características de nuestra muestra. En cuanto a la sepsis de inicio tardío, investigaciones previas la han relacionado con un peor rendimiento en memoria y atención, así como con un mayor deterioro del CI, pero, al contrario de nuestros resultados, no con las capacidades visoperceptivas y visuomotoras (van der Ree, Tanis, Van Braeckel, Bos, y Roze, 2011). También un CI o nivel de desarrollo más bajo se encuentra en prematuros que han presentado enterocolitis necrotizante (Rand, Austin, Inder, Bora, y Woodward, 2016), así como enterocolitis necrotizante y sepsis (Stoll y cols., 2004). Sin embargo, otros estudios encuentran que estos factores, sepsis tardía y enterocolitis necrotizante, no están asociados con un mayor riesgo de disfunción cognitiva (Lee y cols., 2014; Mitha y cols., 2013), no existiendo, por tanto, un claro consenso en la literatura. En cuanto al CPAP, los resultados previos son contrarios a los nuestros, ya que este procedimiento no parece tener un impacto en los resultados neuropsicológicos en los prematuros (Wintermark, Tolsa, Van Melle, Forcada-Guex, y Moessinger, 2007). Sin embargo, debemos tener en cuenta que cuando un recién nacido recibe CPAP, en muchos casos, se debe a una complicación respiratoria previa que podría haber tenido un impacto en el suministro de oxígeno al cerebro. Así, por ejemplo, la menor saturación de oxígeno en el tejido cerebral está relacionada con peores resultados cognitivos en niños prematuros (Verhagen y cols., 2015). Por lo tanto, podemos asumir que no es la administración de CPAP la que está causando estas alteraciones visoespaciales, sino el peor flujo sanguíneo y oxigenación del cerebro derivada de los problemas respiratorios. En cuanto al embarazo múltiple o único, parece que los gemelos prematuros muestran resultados de lenguaje y procesamiento visual más bajos que los prematuros de embarazo único (Raz y cols., 2016). Aunque se puede deducir de los datos epidemiológicos que los gemelos muestran una mayor vulnerabilidad a los factores de riesgo perinatales, parece que estas diferencias en el rendimiento cognitivo se encuentran incluso controlando estas variables (Bodeau-Livinec y cols., 2013). Finalmente, el parto por cesárea en prematuros parece estar relacionado con una mayor prevalencia de algunos trastornos en etapas posteriores de la infancia, como del espectro autista (Curran y cols., 2015; Gardener, Spiegelman, y Buka, 2011), mientras que algunos otros estudios no encuentran ninguna relación entre el tipo de parto y el neurodesarrollo posterior (Kimura y cols., 2017; Zhu, Bao, Zhang, Ma, y Wu, 2014). Así pues, en base a nuestros resultados y a la evidencia científica, parece que los factores que se relacionan con una mayor disfunción neuropsicológica, principalmente relacionada con las habilidades visoespaciales y de orientación espacial, son los procedimientos quirúrgicos, las hemorragias intra y/o periventriculares y el embarazo múltiple. Sin embargo, el papel sobre el riesgo cognitivo posterior de afecciones neonatales como la enterocolitis necrotizante o la sepsis tardía, así como los tratamientos como la CPAP o factores relacionados con el nacimiento, como la cesárea, sigue siendo controvertido, y se necesitaría más investigación para establecer conclusiones definitivas. Sorprendentemente y en contra de lo esperado, ni la edad gestacional ni el peso al nacer no han sido asociados con el desempeño neuropsicológico. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este estudio se centra en una población muy concreta, prematuros de muy bajo peso al nacer (<1500 gramos) y, por ello, la variación tanto de peso como de edad gestacional es baja, dados los criterios de inclusión. Así,

es posible que no se encuentre relación entre el desarrollo neuropsicológico con estos factores debido a que la muestra es relativamente homogénea en estas dos variables.

Por otro lado, también se ha puesto en relación la conducta con el rendimiento en orientación espacial, encontrando que, en los niños prematuros, parece que el comportamiento no influye notablemente la ejecución espacial. Así, encontramos únicamente que la variable Liderazgo se asocia con las puntuaciones de la tarea Alocéntrica. No existe una extensa literatura que relacione el comportamiento con el desempeño de la orientación espacial en niños controles ni tampoco en prematuros. Sin embargo, como ya mencionamos, se ha encontrado que comportamientos como la timidez, los problemas de atención y la agresividad afectan al rendimiento de la memoria espacial en niños de desarrollo típico (Rodríguez-Andres y cols., 2018). Por lo tanto, parece de importancia tomar en consideración la conducta también en población prematura para comprender completamente los logros en la orientación espacial, aunque la relación entre estos dos factores parece que todavía no está muy definida y convendría continuar investigando en esta dirección.

En último lugar, al analizar las posibles asociaciones entre memoria espacial en entornos diarios y su ejecución en orientación espacial, no encontramos relación entre ambos factores, sorprendente y contrariamente a lo observado en niños controles. Por lo tanto, estos resultados pueden llevarnos a pensar, por un lado, que las pruebas de orientación espacial no son una medida verdaderamente funcional de la memoria espacial para los prematuros, al contrario que para los controles. Por otro lado, estos resultados pueden deberse a que los prematuros emplean otros procesos cognitivos, además de las habilidades de orientación espacial, para resolver tareas. Por lo tanto, dado que existe influencia de otras funciones cognitivas no necesariamente relacionadas con la memoria, estas asociaciones no se encuentran. Sin embargo, no podemos enunciar conclusiones definitivas con respecto a estos resultados y por ello, investigaciones futuras deberían ir dirigidas a llevar a cabo una evaluación cognitiva más amplia para conocer la influencia de otros procesos sobre el rendimiento en la orientación espacial, especialmente en poblaciones clínicas, como es el caso de los prematuros.

5.2.5. Limitaciones

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones que cabe mencionar. En el caso de los niños controles, hay que destacar que, como ya hemos mencionado, es posible que estas tareas de orientación espacial no sean suficientemente sensibles a las diferencias de edad o género debido al nivel de complejidad seleccionado. En el caso específico de la muestra prematura, las características inherentes a dicha condición de nacimiento hacen que un mismo sujeto presente varios de los factores de riesgo perinatal analizados en el presente estudio, impidiendo conocer con exactitud de cuál de ellos se deriva la posterior afectación cognitiva. Aquellos factores que afectan a ambas muestras son la falta de consideración de algunas posibles variables influyentes, tales como los estilos de crianza, el estrés parental o el rendimiento académico. Igualmente, hay que considerar que la información proveniente de cuestionarios es cumplimentada por los progenitores y que haber podido acceder a otros observadores habituales de los niños, como por ejemplo sus profesores, podrían ofrecernos una visión más global de las variables recogidas. Relacionados con la valoración neuropsicológica, la ausencia de un protocolo de valoración completa que incluyese otras funciones, como las ejecutivas o de memoria a largo plazo, no nos ha permitido analizar el rendimiento en orientación espacial considerando un mayor número de

funciones potencialmente influyentes o asociadas. En último lugar, y tal como hemos comentado, no podemos descartar la total disociación entre la tarea Egocéntrica y Alocéntrica, siendo posible la utilización de información egocéntrica durante el desarrollo de la tarea Alocéntrica.

5.3. Orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica en el ciclo vital

5.3.1. ¿Qué aporta nuestro estudio?

En esta investigación nos hemos propuesto abordar diversos objetivos. Como propósito principal, hemos querido evaluar el desempeño en orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica en población infantil, adulta y anciana. Para ello, se han propuesto dos tareas experimentales basadas en los marcos de referencia egocéntrico y aloécéntrico, que tratan de acercarse a las condiciones naturales (movimiento propio, flujo óptico, estímulos propioceptivos, etc.) que aparecen en las actividades de navegación diarias, pero siendo realizadas en un entorno relativamente controlado que nos permite el control de posibles variables influyentes. Como ya hemos comentado, estas tareas pueden aplicarse con objetivo investigador, explorando tanto periodos evolutivos en población normativa no abordados en este estudio, como la adolescencia o la adultez más tardía, o bien para analizar poblaciones clínicas en la etapa adulta, ya sean derivadas de daño cerebral adquirido o de posibles patologías neurodegenerativas que cursen con déficits mnésicos. Si bien ya existen diversas propuestas para evaluar la orientación espacial en población adulta y anciana, nuestra propuesta trata de aportar dos medidas con relevancia funcional y que, a la vez, permiten analizar ambos marcos de referencia por separado, lo cual puede resultar relevante ya que sabemos en base a estudios con pacientes y de neuroimagen estructural y funcional que ambas funciones están disociadas. Además del análisis según la edad, se ha considerado como factor especialmente importante en las poblaciones adulta-joven y anciana el género, habiéndose demostrado en investigaciones previas su importancia a la hora de interpretar el rendimiento obtenido en orientación espacial. Este objetivo nos permite verificar si en las diferentes etapas evolutivas de la población control existe influencia de otras funciones cognitivas sobre el rendimiento en orientación y, por tanto, si puede ser de importancia considerarlas a la hora de interpretar los resultados alcanzados en esta capacidad.

Los principales hallazgos de nuestro estudio son, en población adulta joven, que los hombres superan a las mujeres en las pruebas egocéntricas y aloécéntricas, así como en las habilidades visuales y espaciales como la amplitud visuoespacial y la memoria de trabajo. Contrariamente a lo esperado, los hombres emplean con igual nivel de eficacia las estrategias egocéntricas y aloécéntricas, aunque las mujeres lograron mejores resultados en la tarea Aloécéntrica que en la Egocéntrica, probablemente debido a la tendencia a emplear puntos de referencia para su reorientación. En el caso de las personas mayores, parece que el envejecimiento no patológico se relaciona con un deterioro de la capacidad de orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica, principalmente debido a los cambios funcionales que subyacen al envejecimiento cerebral. No existe mejor rendimiento de un marco de referencia sobre el otro en dicha población, aunque también parece que las mujeres mayores consiguen mantener durante más tiempo un adecuado rendimiento egocéntrico. A pesar de este progresivo deterioro, es de destacar que las personas

mayores siguen siendo capaces mejorar su rendimiento allocéntrico, y por ello, su capacidad para aprender localizaciones espaciales está preservada incluso a estas edades.

En el caso de la población infantil, observamos que a los 7 años ni el marco egocéntrico ni el allocéntrico ha alcanzado el nivel de madurez suficiente para igualar a los adultos, aunque si encontramos que su rendimiento es similar al hallado en las personas mayores. Así, el curso de desarrollo de la orientación espacial sigue una forma de “U” invertida, con menor rendimiento en niños y mayores, y alcanzando el mejor nivel de ejecución en la vida adulta. Por último, un mejor desempeño en orientación espacial se asocia con diferentes funciones neuropsicológicas en los distintos grupos de edad: con las habilidades visoespaciales en los niños, con el span visoespacial y la memoria de trabajo en los adultos jóvenes y con el nivel cognitivo general en los mayores. Dado este último hallazgo, la asociación en las personas mayores con su estatus cognitivo generalizado podría convertir a las tareas de evaluación de la orientación espacial en una herramienta útil para la valoración de personas mayores junto con otras pruebas de screening cognitivo para caracterizar un posible deterioro cognitivo temprano.

5.3.2. Funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica en adultos jóvenes

En primer lugar, se ha procedido a analizar si existen diferencias de género en el rendimiento en orientación espacial en adultos jóvenes. Así, en este estudio hemos encontrado que los varones superan a las mujeres en la orientación espacial tanto egocéntrica como allocéntrica. Estos resultados concuerdan con la mayoría de las investigaciones previas, donde en general, los hombres tienden a superar a las mujeres tanto en tareas de navegación virtual (Driscoll y cols., 2005; León y cols., 2016; Persson y cols., 2013; Piper y cols., 2011; Tascón, García-Moreno, y Cimadevilla, 2017) como en tareas más funcionales y ecológicas (Ruggiero y cols., 2016; Saucier y cols., 2002). Aquellas investigaciones que no encuentran diferencias entre géneros tienen en cuenta otros tipos de factores, tales como la experiencia previa, el entrenamiento, la familiaridad con el ambiente, etc., que no han sido considerados en este estudio (Banta Lavenex y Lavenex, 2010; de Goede y Postma, 2015; Nori y cols., 2018; Piccardi y cols., 2008; Verde y cols., 2015). Han sido propuestas diversas causas por las cuales existe, de manera generalizada, mejor rendimiento en los varones en tareas de tipo espacial. En primer lugar, mujeres y hombres parecen presentar diferentes patrones de activación cerebral durante la orientación espacial: en el caso de los hombres, una mayor activación lateralizada en el hipocampo posterior derecho (Frings y cols., 2006; Persson y cols., 2013), mientras que las mujeres tienden a implicar áreas como el parietal derecho y la corteza prefrontal derecha (Grön y cols., 2000). En taxistas profesionales han sido encontrados una mayor activación, así como un mayor volumen hipocampal, relacionado con un mejor desempeño en las tareas de orientación espacial (Maguire, Woollett, y Spiers, 2007), mientras que pacientes neurológicos con daño hipocampal rinden peor en este tipo de tareas (Astur, Taylor, Mamelak, Philpott, y Sutherland, 2002). Por lo tanto, en la navegación espacial, parece que una mayor participación del hipocampo permite que los varones obtengan mejor rendimiento. Otra posible explicación está relacionada con las hormonas sexuales, concretamente con la testosterona, que parece jugar un papel importante en la orientación espacial: los niveles bajos perjudican el rendimiento de las mujeres (Burkitt, Widman, y Saucier, 2007), mientras que valores elevados se relacionan con mejores puntuaciones en los hombres (Driscoll y cols., 2005).

Además, la testosterona se ha relacionado con un mejor desempeño en otras capacidades de tipo espacial en los varones, como por ejemplo, en la rotación mental (Li, 2014). Por su parte, características encontradas en la resolución de test egocéntricos en las mujeres al ser comparadas con sus compañeros varones, tales como una mayor lentitud, así como limitaciones en la cantidad de ítems que mantienen en el span visoespacial, se han señalado como otras posibles razones que explican este menor rendimiento (Piccardi y cols., 2008). Por lo tanto, un mejor rendimiento en orientación espacial asociado al género masculino podría deberse a razones fisiológicas, tales como a los patrones de actividad cerebral o a los niveles hormonales, así como a razones ligadas al funcionamiento de otras capacidades cognitivas, como la velocidad de procesamiento o el span visoespacial.

También se procedió a comparar en toda la muestra, así como en cada género por separado, si existe mejor rendimiento en uno de los marcos de referencia en comparación con el otro. En la muestra en su conjunto, se halla que las puntuaciones de la prueba Alocéntrica son superiores a las de la prueba Egocéntrica. Sin embargo, al analizar a mujeres y hombres por separado, encontramos que estas diferencias se focalizan solo en el género femenino, donde el rendimiento alocéntrico es superior al egocéntrico, mientras que el rendimiento de los hombres es equivalente en ambos marcos de referencia. En estudios previos, cuando la tarea permitía a los participantes elegir la estrategia de orientación que preferían, se encuentra que las mujeres elegían con mayor frecuencia seguir la estrategia egocéntrica, mientras que los hombres empleaban en mayor medida la estrategia alocéntrica (van Gerven y cols., 2012). Así, contrariamente a lo encontrado en nuestra investigación, parece que las mujeres suelen preferir emplear el marco egocéntrico. Debemos mencionar sin embargo que, a pesar de que el procedimiento de la tarea Egocéntrica sólo permite emplear una respuesta puramente egocéntrica, dada las características de la tarea, no podemos descartar que durante la resolución de la tarea Alocéntrica las mujeres también hallan empleado información egocéntrica, como ya hemos discutido en apartados anteriores. A pesar de que nuestro objetivo en la tarea Alocéntrica es, efectivamente, elicitación de una respuesta alocéntrica pura, no podemos confirmar que la estrategia que utilice el participante para su resolución sea exclusivamente alocéntrica. Considerando que no se puede ejecutar con éxito el test Alocéntrico siguiendo únicamente información egocéntrica, estos resultados podrían indicar que las mujeres combinan ambas informaciones y ambos marcos de referencia, egocéntrico y alocéntrico, durante la resolución del test Alocéntrico, y precisamente esta conjunción es la que hace que rindan mejor en dicha tarea. Otra posible explicación es que los peores resultados de las mujeres en la prueba Egocéntrica podrían deberse a la ausencia de información ambiental real durante la prueba. Debemos tener en cuenta que cuando la navegación espacial se lleva a cabo en tareas basadas en el laberinto acuático de Morris, así como en la mayoría de las tareas de orientación espacial virtuales, las respuestas egocéntricas se asocian con la reorientación basada en puntos de referencia proximales (también llamados *intramaze* o *intralaberinto*), mientras que las respuestas alocéntricas se relacionan con información distal (*boundary landmarks*). Sin embargo, nuestra prueba Egocéntrica trata de elicitación de una respuesta egocéntrica lo más pura posible, sin ninguna información ambiental local o distal, dejando así que los participantes se reorienten según sus propios cambios de vista y rotaciones que van sucediendo a lo largo de la administración de la prueba. Estudios previos han encontrado que las mujeres tienden a emplear puntos de referencia ambientales para reorientarse, mientras que los hombres usan en mayor medida información euclidiana – ángulos y longitudes relativas, distancias y direcciones – (Dabbs y cols., 1998; Sandstrom y cols., 1998; Saucier y cols., 2002; Shah y cols., 2013). En cambio, en nuestra tarea

Egocéntrica, las mujeres no tienen acceso a señales ambientales. Por lo tanto, nuestro estudio apoya la idea de que las mujeres emplean puntos de referencia para la orientación espacial, pero debido a que la prueba Egocéntrica no les permite utilizar la información ambiental, las mujeres logran mejores resultados en la prueba Alocéntrica, donde sí disponen de pistas. Sin embargo, nuestra tarea Egocéntrica no imposibilita que los hombres calculen distancias o proporciones para su resolución, esto es, que puedan emplear información euclidiana, y por ello, pueden realizar las tareas Egocéntrica y Alocéntricas con un nivel de eficacia similar.

También se procedió a analizar si, en función al género, existía algún tipo de diferencia a lo largo de los bloques de la prueba Alocéntrica. Así pues, hallamos que los hombres obtienen mejores puntuaciones que las mujeres en el primer y quinto ensayo. Además, el rendimiento a lo largo de la prueba también difiere entre géneros: las mujeres muestran un rendimiento diferencial en los distintos ensayos, mientras que el rendimiento de los hombres se mantiene estable. Los resultados de los hombres no son sorprendentes, ya que puede observarse como casi alcanzan un efecto de techo en todos los ensayos de la prueba Alocéntrica, y así, no aparece ningún efecto de aprendizaje ya que casi obtienen las puntuaciones máximas desde el primer hasta el quinto bloque. En futuros estudios se podría plantear incluir un aumento en la dificultad de estas tareas, al menos para los varones, con la finalidad de analizar sus capacidades de aprendizaje espacial. Sin embargo, las mujeres sí muestran mejorías, concretamente en el tercer y quinto ensayos, al compararse con el primero. Así, en el primer ensayo, se obtiene la puntuación más baja para el grupo de mujeres, tanto en comparación con otros ensayos como con el grupo de varones. A pesar de que el examinador daba a los participantes unas instrucciones sobre el procedimiento de la tarea, en ningún caso se les dijo cómo resolverla. Es decir, no se verbalizaba que debían prestar atención a las señales ambientales para realizar la tarea correctamente, dejando que los sujetos experimentales lo descubrieran y fueran capaces de aplicar la estrategia de manera autónoma. Estos resultados podrían indicar que, mientras que los hombres descubren la estrategia correcta para resolver la tarea en el primer bloque, las mujeres necesitan más tiempo o más ensayos para darse cuenta de cómo posicionar las tarjetas correctamente. Por ejemplo, las mujeres parecen mostrar un comportamiento exploratorio en tareas funcionales de orientación espacial (Banta Lavenex y Lavenex, 2010), que se traduce en un aumento del tiempo empleado para resolver la prueba. Además, parece que, si a las mujeres se les proporciona suficiente tiempo para recordar la información espacial, más tiempo del que los hombres suelen necesitar, las diferencias de género desaparecen (Nori y cols., 2018) y además, la navegación espacial en entornos desconocidos parece perjudicar el rendimiento en reorientación espacial sobre todo en las mujeres (Iachini, Ruotolo, y Ruggiero, 2009). Por lo tanto, no tener tiempo suficiente para recordar toda la información espacial, junto con el hecho de resolver la tarea en un lugar desconocido, podría haber afectado el desempeño de las mujeres. En el tercer ensayo, observamos que las puntuaciones de hombres y mujeres fueron prácticamente iguales, lo que muestra que cuando a las mujeres se les da suficiente tiempo y ensayos, su rendimiento no difiere del de los hombres. Posibles investigaciones futuras podrían incluir la manipulación del tiempo de exposición o la familiaridad previa con el entorno en el grupo de mujeres. Sin embargo, en el quinto ensayo, podemos observar cómo el rendimiento de las mujeres disminuye de nuevo, en comparación con su propio rendimiento y en comparación con el de los hombres. Las diferencias de género en el desempeño de la orientación espacial suelen aparecer cuando aumenta la dificultad de las tareas (Emanuele y Louse, 2004), pero no cuando la tarea se encuentra en estadios más sencillos. Sin embargo, nuestras pruebas Egocéntrica y Alocéntrica no se vuelven más complejas a través de los

ensayos, sino que, de hecho, el procedimiento es siempre el mismo a lo largo de la tarea. Esto podría significar que, incluso si no manipulamos la dificultad deliberadamente, las mujeres podrían encontrar los últimos ensayos alocótricos más difíciles que los anteriores. La fatiga acumulada o una posible interferencia debida a los ensayos anteriores podría explicar este aumento de la complejidad percibida por las mujeres. Si la tarea de memoria espacial implica una alta integración y transformación imaginaria del material visual (Nori y cols., 2018), como lo hace la tarea alocótrica, la dificultad para las mujeres podría ser superior. Por lo tanto, mantener este proceso complejo a lo largo de los 20 ensayos de la prueba alocótrica podría constituir un gran esfuerzo para las mujeres participantes, que podría terminar afectando a su desempeño en el último ensayo.

En último lugar, se ha puesto en relación el rendimiento en las tareas de orientación espacial con otras capacidades neuropsicológicas. En este caso, hemos observado como el span y la memoria de trabajo visoespaciales parecen desempeñar un papel importante en el rendimiento de la orientación espacial egocéntrica, especialmente en el caso de los varones. No solo eso, sino que también encontramos que los varones presentan un mejor rendimiento en estas capacidades que las mujeres. Así pues, los varones presentan mejores capacidades de span y memoria de trabajo visoespaciales y, además, un mejor rendimiento en estas funciones se asocia con una mejor ejecución de la prueba Egocéntrica. El mejor rendimiento hallado en los varones concuerda con estudios previos (Lejbak, Crossley, y Vrbancic, 2011; Lynn y Irwing, 2008), que encuentran que esta ejecución superior podría depender de diferencias en la velocidad de procesamiento, siendo los hombres más rápidos en sus respuestas en este tipo de tareas (Loring-Meier y Halpern, 1999), o a diferentes patrones de actividad cerebral, donde los varones implican redes más distribuidas a lo largo de regiones parietales, mientras las mujeres activarían más áreas límbicas, incluyendo amígdala e hipocampo, así como prefrontales. (Hill, Laird, y Robinson, 2014). Por otra parte, encontramos que analizando a la muestra en su conjunto las puntuaciones en la tarea Egocéntrica B y Alocótrica se asocian con el rendimiento en memoria de trabajo visoespacial, pero, en cambio, si analizamos únicamente a las mujeres, estas asociaciones desaparecen, hallando que solo los varones con mejor span visoespacial y memoria de trabajo ejecutan también mejor el test Egocéntrico (parte B). Así pues, es posible que este mejor rendimiento en estas capacidades mnésicas sea otro de los factores que, sumado a las características hormonales y fisiológicas, favorezca un mejor desempeño en los varones en comparación con las mujeres.

5.3.3. Funcionamiento de la orientación espacial egocéntrica y alocótrica en el envejecimiento no patológico

En primer lugar, nos hemos propuesto comprobar si existen diferencias en el rendimiento en orientación espacial entre personas mayores cognitivamente sanas y personas jóvenes. Así pues, hemos podido comprobar que el envejecimiento no patológico, en comparación con edades más jóvenes, está relacionado con una disminución de la capacidad de orientación espacial egocéntrica y alocótrica, siendo más marcada en el marco alocótrico que en el egocéntrico. La literatura previa coincide con este deterioro de la estrategia alocótrica asociada a las edades avanzadas (Gazova y cols., 2013; Iaria, Palermo, y cols., 2009; Moffat, 2009; Ruggiero y cols., 2016). Por otro lado, encontramos también alteraciones en el marco egocéntrico, donde la literatura previa es más contradictoria, hallando algunos estudios que sí se encuentra afectado en el envejecimiento no patológico (Fernandez-Baizan, Diaz-Caceres, Arias, y Mendez, 2019; Ruggiero y cols., 2016), y hallando otros que no existe afectación (Gazova y cols., 2013) o que incluso es la estrategia

preferida y más efectiva en esta población (Rodgers y cols., 2012; Wiener y cols., 2013). Debemos tener en cuenta, no obstante, algunas diferencias metodológicas entre estos estudios. Así, Gazova y colaboradores (2013) evalúan aspectos egocéntricos relacionados con la locomoción activa, mientras que nuestra investigación y otros estudios que hallan resultados similares se centrarían en la emisión de respuestas verbales o motoras y mnésicas relacionadas con el propio punto de vista egocéntrico. Así, cuando la perspectiva egocéntrica implica una locomoción simulada, como lo evalúan en otros estudios (Rodgers y cols., 2012; Wiener y cols., 2013), las áreas cerebrales que parecen involucradas son el hipocampo derecho, el lóbulo parietal superior izquierdo, y los giros temporales medio derecho y superior, mientras que cuando la evaluación egocéntrica sólo implica un punto de vista cambiante, en forma de giro, como lo hace nuestra tarea, parece implicar áreas como la corteza retrosplenial derecha y el lóbulo parietal superior (Gomez y cols., 2014). Ello podría implicar que, al evaluar dos cuestiones diferenciadas propias de una respuesta de orientación egocéntrica, que a su vez involucran áreas cerebrales diferenciadas, estos resultados no coincidan. Esta disminución en el rendimiento asociado a la edad podría deberse a cambios funcionales en el cerebro envejecido, que implican áreas relacionadas con la orientación espacial. Así pues, se encuentra una reducción en la activación del hipocampo y del giro parahipocampal (Antonova y cols., 2009; Meulenbroek y cols., 2004; Moffat y cols., 2006), así como de la corteza retrosplenial (Moffat y cols., 2006) y del lóbulo parietal medial y superior (Meulenbroek y cols., 2004; Moffat y cols., 2006).

Por otra parte, hemos observado que tanto los jóvenes como los mayores realizaron mejor la parte A que la parte B Egocéntricas. Como ya hemos mencionado, mientras que la parte A estaría más relacionada con la capacidad de memorizar localizaciones en un entorno tridimensional, la parte B está relacionada con la monitorización de los cambios de posición. Dado que en nuestro día a día no permanecemos estáticos, sino en movimiento, nuestro punto de vista va cambiando, y así, esta tarea ha sido diseñada con el objetivo de obtener una medida funcional de este marco egocéntrico. No es sorprendente que tanto jóvenes como mayores recuerden mejor las ubicaciones espaciales cuando están estáticos que cuando han sido rotados, dada la mayor facilidad de la tarea cuando el punto de vista egocéntrico permanece estable, tal y como ya ha sido demostrado en estudios previos (Vander Heyden y cols., 2017).

Por otro lado, en base a nuestros resultados, cabe preguntarnos si existe una posible influencia de la memoria a corto plazo en el desempeño egocéntrico en el grupo de mayores. Por un lado, hemos visto que su rendimiento en la parte A Egocéntrica, relacionada con la memorización de ubicaciones tridimensionales en el corto plazo, así como su rendimiento en las tareas de span visoespacial y memoria de trabajo, son deficitarios en comparación con el grupo joven. Por otro lado, hemos encontrado una potente asociación entre el rendimiento de la parte A y la parte B Egocéntricas en este grupo. En base a todo ello, el peor desempeño en el marco egocéntrico en personas mayores puede deberse no sólo al deterioro en el uso de la estrategia egocéntrica, sino también a un desempeño deficiente de los procedimientos para recordar las ubicaciones en el corto plazo, es decir, de la memoria visoespacial a corto plazo, función que se deteriora en el envejecimiento sano, de acuerdo con nuestros propios resultados y con la literatura previa (Iachini, Iavarone, Senese, Ruotolo, y Ruggiero, 2009). Por tanto, es posible que realmente no exista una afectación primaria del marco egocéntrico, sino que dicha causa se encuentre en la memoria a corto plazo. No obstante, sería necesario continuar investigando en esta dirección para confirmarlo.

En cuanto al rendimiento en la prueba Alocéntrica, observamos que los jóvenes rinden mejor que los mayores en todos sus bloques. Si bien observamos que el rendimiento del grupo de jóvenes apenas mejora en los sucesivos bloques, ya que alcanza prácticamente un efecto techo en el primero de ellos, podemos apreciar un proceso de aprendizaje en el grupo mayor, donde su rendimiento aumenta progresivamente desde el primer bloque hasta el último. Es decir, el aprendizaje espacial alocéntrico es más lento para las personas mayores que para las jóvenes, pero esta capacidad de aprender se mantiene, incluso aunque este marco se deteriore progresivamente con la edad. Investigaciones anteriores han encontrado que algunos aspectos del aprendizaje espacial se conservan en las personas mayores (Gazova y cols., 2013; Muffato, Meneghetti, y De Beni, 2016), por ejemplo, encontrando también mejorías en los sucesivos ensayos de las tareas de orientación espacial o que algunos aspectos del procesamiento del entorno espacial están preservados al mismo nivel que en la población joven. Por otro lado, como también se da en la población infantil, parece que el efecto techo encontrado en los jóvenes demuestra que esta tarea es, probablemente, demasiado sencilla para el nivel medio de sus capacidades de orientación y, por lo tanto, aumentar la complejidad del procedimiento para esta población puede ser una cuestión que abordar en el futuro.

Mientras que los mayores mostraron resultados similares en las tareas Egocéntricas y Alocéntricas, el grupo de jóvenes realizó mejor la prueba Alocéntrica. Contrariamente a nuestros resultados, otros autores encontraron que el marco egocéntrico se emplea más eficientemente que el alocéntrico en los mayores para resolver tareas espaciales (Rodgers y cols., 2012; Wiener y cols., 2013). Así, nuestros resultados podrían indicar bien un deterioro egocéntrico o una alteración de la memoria a corto plazo, como ya hemos comentado anteriormente, o bien que las personas mayores implementaron estrategias de referencia egocéntricas durante la resolución de la tarea alocéntrica: es decir, sus señales propioceptivas y vestibulares de cambio de posición les ayudaran a resolver la prueba alocéntrica. Por otra parte, en el grupo joven, el mejor desempeño en la prueba Alocéntrica podría estar relacionado con el género. Tal y como apuntamos en el análisis pormenorizado del rendimiento de mujeres y hombres jóvenes, parece que los hombres ejecutan de manera similar ambas tareas de orientación, mientras que las mujeres emplean con mayor eficacia la estrategia alocéntrica (Fernandez-Baizan, Arias, y cols., 2019). Dado que dicho análisis fue llevado a cabo con una muestra mayor y centrándonos concretamente en estas diferencias de género, es posible que los resultados no coincidan en ambos estudios.

También se han examinado las diferencias en orientación espacial de acuerdo con el género de los participantes mayores. Así, parece que hombres y mujeres mayores rinden de manera similar en orientación espacial. En general, al comparar el rendimiento de mujeres y hombres mayores, los resultados son aún contradictorios, hallando tanto que los varones superan a las mujeres (León y cols., 2016; Tascón, Castillo, León, y Cimadevilla, 2018) como que no existen diferencias (Gazova y cols., 2013). Otras investigaciones apuntan a que la testosterona se relaciona con un mejor rendimiento en los hombres, pero dado que esta hormona disminuye notablemente durante el proceso de envejecimiento (Driscoll y cols., 2005), es posible que esta ausencia de diferencias asociadas al género puedan deberse a razones hormonales, que no han sido consideradas en este estudio. Por otra parte, al comparar a jóvenes y mayores, observamos que, mientras que los hombres mayores, en comparación con los jóvenes, obtuvieron peores resultados en ambas estrategias, las mujeres mayores sólo obtuvieron peores resultados en la estrategia alocéntrica al ser comparadas con sus compañeras jóvenes. Aunque durante la juventud se ha encontrado que las mujeres realizan peor que los hombres las tareas alocéntricas (Astur, Ortiz, y Sutherland, 1998;

Saucier y cols., 2002; Woolley y cols., 2010) y egocéntricas (Fernandez-Baizan, Arias, y cols., 2019), parece que las mujeres serían capaces de preservar la estrategia egocéntrica durante más tiempo que los hombres durante el envejecimiento. Una posible explicación son ciertas divergencias en el funcionamiento cerebral en hombres y mujeres. Mientras que en las mujeres las áreas parietal derecha y prefrontal derecha estarían más implicadas durante la navegación espacial, en los hombres encontraríamos como principalmente involucradas las áreas hipocampales izquierdas (Grön y cols., 2000). Así, la mayor dependencia de las mujeres de la corteza parietal, que es otra área que participa principalmente en la estrategia egocéntrica (Saj y cols., 2014), podría explicar por qué la orientación egocéntrica parece mantenerse más tiempo en las mujeres mayores. Por otro lado, el descenso en la testosterona apuntado anteriormente (Driscoll y cols., 2005) podría provocar una ventaja en la resolución de tareas de orientación espacial para los varones durante la juventud, pero a su vez, que su decremento en el envejecimiento progresivo también cause una pérdida de estas habilidades más acusada que en el caso de las mujeres.

En último lugar, se examinó si la ejecución en las tareas de orientación espacial estaba relacionada con el funcionamiento de otras capacidades neuropsicológicas, así como con el propio rendimiento en orientación espacial, en las personas mayores. Como ya se ha discutido anteriormente, si bien parece que en los jóvenes los diferentes aspectos de la orientación espacial funcionan de forma totalmente independiente, en la población envejecida la memoria a corto plazo visoespacial parece asociarse con el rendimiento egocéntrico, y a su vez, las fuentes de información egocéntricas podrían ser empleadas durante la resolución de la tarea aloécéntrica. En cuanto a la relación con otras funciones cognitivas, nuestros resultados muestran que mientras que el span atencional y la memoria de trabajo visoespacial están relacionados con la orientación espacial en los más jóvenes, esta asociación no existe en las personas mayores, donde únicamente la orientación espacial aloécéntrica se asocia con el estado cognitivo general medido a través del test MoCA. Estudios previos han encontrado que el marco aloécéntrico se altera al principio en el subtipo amnésico de deterioro cognitivo leve (Hort y cols., 2007), e incluso se ha postulado que un deterioro temprano de esta estrategia podría predecir un mayor riesgo de desarrollo de demencia (Wood, Moodley, Lever, Minati, y Chan, 2016). Si esta asociación entre el índice cognitivo general y el rendimiento aloécéntrico pudiera establecerse también en poblaciones con deterioro cognitivo leve, podría resultar de interés incluir la evaluación de la estrategia aloécéntrica dentro de un protocolo de evaluación neuropsicológica estándar ante la sospecha de algún tipo de deterioro cognitivo incipiente. Sin embargo, actualmente es imposible determinar la relación de esta dirección, es decir, si el deterioro de la estrategia aloécéntrica precede al deterioro cognitivo generalizado, o viceversa. Por lo tanto, sería de interés abordar este asunto en futuras investigaciones.

5.3.4. Orientación espacial en la infancia y su desarrollo hasta la adultez y la vejez

En primer lugar, nos hemos propuesto examinar el rendimiento de niños de 5 a 7 años en comparación con las puntuaciones alcanzadas por el grupo de adultos jóvenes, así como por el grupo de mayores. Si bien observamos que las puntuaciones de los niños se aproximan a las obtenidas por los adultos jóvenes, no llegan a alcanzar su mismo nivel ni en la orientación egocéntrica (parte B) ni en la orientación aloécéntrica en ninguna de las edades medidas. Por su parte, observamos que sólo el grupo de 5 años puntuó peor que los jóvenes en memoria

visuoespacial a corto plazo (parte A egocéntrica), señalando que los niños de 6 y 7 años alcanzaron las capacidades de los adultos.

Por tanto, de acuerdo con nuestros resultados, la evaluación de los marcos de referencia egocéntricos y allocéntricos de manera separada apunta a que su desarrollo no ha finalizado a los 7 años. De acuerdo a estudios previos, se han encontrado mejoras en la orientación egocéntrica hasta los 10 años (Piccardi y cols., 2014), momento en que su rendimiento parece ser equivalente al alcanzado por adolescentes y adultos (Ruggiero y cols., 2016). Cabe mencionar que mientras los niños realizaban las tareas con dos ítems a memorizar, los adultos empleaban tres. Por lo tanto, es posible que el número de elementos a recordar influyera en estos resultados. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el objetivo era minimizar la influencia de la amplitud visuoespacial para ambos grupos, y como ya comentamos y de acuerdo con hallazgos previos, emplear 2 ítems parecía idóneo para el grupo de 5 años (Piccardi y cols., 2014), pero podría haber sido plausible aumentarlo a los 3 ítems a los 7 años, lo cual podría incluirse en investigaciones futuras. Por otro lado, el marco de referencia allocéntrico parece terminar su desarrollo en algún momento comprendido entre los 7 (Overman y cols., 1996) y los 10 años (Bullens, Iglói, y cols., 2010), aunque parece que los aspectos más complejos de la navegación espacial, como es, por ejemplo, la creación de mapas cognitivos, se producen al final de este rango de edad (Overman y cols., 1996). Sin embargo, no todos los estudios concuerdan con estas edades, encontrando algunos que a los 7 años, los niños aún no han alcanzado el nivel de los adultos en el uso de diferentes tipos de claves allocéntricas (Bullens, Nardini, y cols., 2010). Por tanto, caben dos posibilidades a la hora de interpretar dichos resultados allocéntricos a los 7 años: por un lado, que los resultados se deban realmente a la ausencia de un completo desarrollo de este marco de referencia, y por otro, a las dificultades de relacionar diferentes fuentes de información espacial. De acuerdo con este último punto, sabemos que un correcto desarrollo de la orientación allocéntrica pasa por ser capaces de crear asociaciones con información egocéntrica y de crear mapas cognitivos. Así, el modelo de adquisición del conocimiento ambiental (Siegel y White, 1975) ilustra como el desarrollo del marco allocéntrico y su asociación con el marco egocéntrico se da en una serie de fases sucesivas. En primer lugar, se da en la adquisición del conocimiento de los puntos de referencia, por el cual los niños pueden reconocer dichas pistas en el entorno, pero no emplear información direccional con respecto a ellas, por ejemplo, emplear su ubicación o su asociación con otros estímulos en el ambiente para orientarse. En segundo lugar, en la adquisición del conocimiento de rutas, los niños comienzan a emplear información egocéntrica en combinación con puntos de referencia consecutivos, lo que les permite seguir rutas sencillas. En último lugar, la adquisición de conocimiento de mapas permite a los niños memorizar puntos de referencia y crear finalmente un mapa mental organizado. Para la resolución de la tarea Allocéntrica, no es suficiente con que los niños memoricen las claves ambientales, sino que, al menos, deben establecer algún tipo de relación espacial, ya sea entre los propios puntos de referencia como entre ellos y la plantilla donde deben ubicar los estímulos. Tampoco podemos descartar, como ya se ha mencionado anteriormente, que los participantes durante la ejecución de la prueba Allocéntrica estuvieran utilizando también claves procedentes de su propio organismo, es decir, claves egocéntricas, a pesar de que la influencia del punto de vista egocéntrico se ha tratado de minimizar cubriendo los ojos durante los desplazamientos. Así pues, es posible que este menor rendimiento en los niños pueda deberse a las dificultades para combinar los dos tipos de información, una habilidad que ya está claramente presente en los adultos, o bien para la elaboración de mapas mentales complejos. Por lo tanto, incluir a los niños mayores en investigaciones futuras podría ayudar a definir si es

realmente la falta de integración o si es la creación de mapas mentales lo que impide que los niños alcancen el rendimiento allocéntrico esperado.

También cabe mencionar que el aprendizaje en la prueba allocéntrica fue, en comparación con los adultos, diferente según la edad. Así, en comparación con los adultos, el bloque 3 mostró diferencias en todos los grupos de niños, mientras que el bloque 2 sólo reveló diferencias a los 5 años, y el bloque 1 no mostró ninguna diferencia. Por lo tanto, estos resultados señalan que, al principio de la tarea, los niños pueden aplicar una estrategia allocéntrica de manera efectiva, pero que, sorprendentemente, su rendimiento disminuye a lo largo de la tarea. Varios factores no controlados pueden explicar por qué el rendimiento de los niños no mejora a través de los bloques: falta de motivación, aburrimiento, fatiga, etc. Otra posibilidad es que exista una posible influencia de los aprendizajes generados en los bloques antiguos sobre los nuevos, es decir, que se estén dando procesos de interferencia proactiva. Se ha visto que el efecto de dicha interferencia tiende a disminuir a lo largo de la infancia (Kail, 2002), lo que podría explicar por qué el acusado decremento en el rendimiento en el grupo de 5 años se da ya en el segundo bloque. Por otra parte, la ejecución en estas tareas de orientación espacial parece mantenerse estable entre los 5 y 7 años, es decir, no se hallan mejoras en el rendimiento para este rango de edad. Estos resultados contradicen estudios anteriores sobre la orientación egocéntrica y allocéntrica (Juan, Mendez-Lopez, y Perez-Hernandez, 2014; León y cols., 2014; Nardini, Atkinson, y cols., 2008; Negen y cols., 2018; Rodriguez-Andres y cols., 2016). Sin embargo, como ya se ha discutido anteriormente, muchas de sus tareas no sólo incluían a niños de entre 5 y 7 años, sino también de menor o mayor edad, en el mismo grupo de análisis (Juan y cols., 2014; Nardini, Atkinson, y cols., 2008), y, además, algunos procedimientos experimentales son difícilmente comparables con el seguido en nuestro estudio, como es el caso de las tareas virtuales (León y cols., 2014; Negen y cols., 2018; Rodriguez-Andres y cols., 2016).

Por otro lado, no se obtuvieron diferencias de género ni en los participantes adultos ni en los niños. En el caso de los adultos, estos resultados son contrarios a nuestras expectativas, como han demostrado estudios anteriores (León y cols., 2016; Persson y cols., 2013; Tascón y cols., 2017). Además, es necesario destacar que nuestra tarea Allocéntrica para población adulta incluye mayor número de bloques que la analizada en este trabajo, siendo precisamente en el primer bloque y en el quinto donde surgen estas diferencias de género en nuestra investigación previa (Fernandez-Baizan, Arias, y cols., 2019), en la cual se ha podido además incluir un mayor tamaño muestral. Es posible, por lo tanto, que sea necesario introducir una mayor longitud y dificultad en la tarea Allocéntrica para hacerla sensible a las diferencias de género, así como un mayor número de participantes. En cuanto a las diferencias en niños y niñas, como ya hemos tratado previamente, no todos los estudios concuerdan en que existan diferencias de género (Juan y cols., 2014; Leplow y cols., 2003; Nemmi y cols., 2015; Ribordy y cols., 2013; Rodriguez-Andres y cols., 2016), aunque algunos otros hallan que los niños superan a las niñas (Rodriguez-Andres y cols., 2018), y viceversa (Mandolesi y cols., 2009). En general, parece que la influencia del género en la orientación espacial durante la infancia no está clara, comenzando a ejercer un papel más importante a partir de la pubertad, ya sea tanto por factores hormonales (Driscoll y cols., 2005) como por factores sociales y de asunción de roles de género (Nazareth y cols., 2019).

Por otro lado, hallamos que en los adultos las puntuaciones de las diferentes tareas espaciales no están relacionadas entre ellas, sí que lo están en los niños. Concretamente, hemos comprobado que las puntuaciones de parte B Egocéntrica están asociadas con el rendimiento en la tarea

Alocéntrica. Estos resultados pueden indicar que, mientras que en los adultos estas tareas parecen totalmente independientes, los niños están tratando de utilizar la información egocéntrica para resolver la tarea alocéntrica o viceversa. Como ya hemos comentado anteriormente, es posible que algunas fuentes de información procedentes del propio organismo puedan empezar a ser empleadas por niños de esta edad de manera conjunta con la información alocéntrica, lo que podría ayudar a su resolución. No obstante, al contrario, el tratar de aplicar claves alocéntricas durante la ejecución de la tarea Egocéntrica, especialmente en un periodo evolutivo en el cual todavía se está desarrollando la integración de ambas fuentes, no supone una estrategia eficiente. Esta puede ser una de las razones por las que el desempeño en estas tareas, más concretamente la parte B Egocéntrica, fue más deficitario que el de los adultos. Por otro lado, en los adultos, observamos una ausencia de una asociación entre las puntuaciones de orientación egocéntrica y alocéntrica. Tal y como sabemos de acuerdo con sus sustratos neuroanatómicos (Boccia y cols., 2014) y los pacientes neurológicos con daño hipocampal (Astur y cols., 2002), la orientación egocéntrica y alocéntrica suponen dos funciones diferenciadas. La ausencia de relación entre las tareas espaciales en los adultos jóvenes, quienes suponemos que alcanzan el mejor rendimiento de todo el ciclo vital, nos indica, por un lado, que esta población no parece hacer uso de estrategias conjuntas o entremezcladas, a diferencia de lo observado en los niños, y, por otro lado, que nuestras tareas consiguen medir capacidades que se encuentran disociadas, tal y como era nuestra intención inicial.

Por otra parte, comparando el rendimiento de cada grupo entre las diferentes tareas espaciales, observamos que tanto adultos como niños ejecutan mejor la parte A de la tarea Egocéntrica que la parte B. Estos resultados son consistentes con estudios previos que muestran que es más fácil resolver una tarea de memoria en una posición estática que después de haber sido rotados (Vander Heyden y cols., 2017). Sin embargo, sólo en los sujetos adultos se observa un mejor rendimiento en el marco de referencia alocéntrico que en el egocéntrico, mientras que, en los niños, el rendimiento es similar. Como también hemos discutido previamente, aunque los estudios generalmente encuentran una preferencia por el marco egocéntrico tanto en niños como en adultos (Bullens, Iglói, y cols., 2010; Hu y cols., 2018), muchas de estas tareas combinan ambas fuentes de información en la misma prueba. Por lo tanto, es posible que esta preferencia sólo ocurra cuando la información es simultánea o conflictiva, y no cuando se analiza de forma aislada, como en nuestro caso.

En último lugar, hemos observado como el rendimiento de los niños de 5 a 7 años es similar al alcanzado por las personas mayores en todas las tareas de orientación espacial. Así pues, de acuerdo con estudios previos (Piper y cols., 2011; Ruggiero y cols., 2016), podemos ver cómo el desarrollo de la orientación espacial a lo largo del ciclo vital sigue una forma de "U" invertida, mostrando bajo rendimiento en la infancia, creciendo hasta su punto máximo en la adolescencia y primera etapa de la vida adulta, para volver de nuevo a decrecer en la adultez tardía en la vejez. En cuanto a las posibles edades en las que aparecen estos cambios a lo largo de la vida, el estudio de Piper (2011) apunta que se produce tanto debajo de los 11 y por encima de los 40, mientras que en el estudio de Ruggiero (2016), que cuenta con una muestra más segmentada en diferentes grupos de edad, se afirma que los niños de 10 años alcanzarían un nivel más o menos similar al de los adultos, y que el rendimiento volvería a decrecer a partir de los 50 en el marco alocéntrico y a partir de los 60 en el egocéntrico. Dado que nuestra muestra recoge tanto edades inferiores en los niños como edades superiores en el grupo de mayores, parece comprensible que no alcancemos a detectar estos cambios. Estas diferencias asociadas a distintos momentos del ciclo vital pueden

tener su origen en la maduración y posterior deterioro de ciertas estructuras cerebrales y sus conexiones funcionales. Así pues, observábamos que en los mayores durante un proceso de envejecimiento no patológico se producen cambios funcionales en las estructuras del hipocampo y parahipocampo (Antonova y cols., 2009; Meulenbroek y cols., 2004; Moffat y cols., 2006), la corteza retrosplenial (Moffat y cols., 2006) y las cortezas parietales mediales y superiores (Meulenbroek y cols., 2004; Moffat y cols., 2006). ¿Qué encontramos en relación con estas áreas en la infancia? En primer lugar, aunque a los 4 años ya se observa que las principales conexiones del hipocampo con otras áreas subcorticales y corticales ya están presentes, la potencia de estas asociaciones aumenta progresivamente hasta, al menos, los 10 años (Blankenship, Redcay, Dougherty, y Riggins, 2017), encontrando que el hipocampo anterior se relaciona con estructuras del prefrontal medial y temporal medial anterolateral, mientras que el hipocampo posterior se asocia con las áreas más posteriores del giro temporal medial, así como con los giros supramarginal y angular. Además, también se ha comprobado que el volumen hipocampal global se incrementa todavía en la infancia tardía, a partir de los 8 años, hasta la adolescencia (Tamnes, Bos, van de Kamp, Peters, y Crone, 2018). Por otra parte, durante el procesamiento de escenas visuales complejas, en las que se presupone la necesidad de realizar una integración de la información espacial egocéntrica y allocéntrica, se ha hallado que los niños de 7 a 11 años presentan una mayor inmadurez en la corteza retrosplenial en comparación con los adultos (Jiang y cols., 2014). También relacionado con este procesamiento de escenas complejas, se ha visto que desde la infancia hasta la vida adulta, se encuentra una mayor implicación de áreas parahipocampales en este tipo de tareas, la cual se asocia con una formación de memorias más exitosa (Chai, Ofen, Jacobs, y Gabrieli, 2010; Meissner, Nordt, y Weigelt, 2019). A nivel estructural, si bien se encuentra que la corteza retrosplenial tiene un volumen similar en población adulta y en niños de 7 a 12 años, las áreas parahipocampales sí que presentan menor volumen durante esta etapa de la infancia (Meissner y cols., 2019). Por último, la activación progresiva de regiones parietales superiores se ha relacionado con una mayor especialización de la memoria episódica, la cual se encuentra a partir de los 12 años, pero no en edades inferiores (Ghetti y Bunge, 2012). Estructuralmente, también se observa que el lóbulo parietal es el que sufre un mayor decremento del volumen cortical durante la adolescencia en comparación con la infancia (Tamnes y cols., 2017). Así pues, observamos que existen una serie de áreas cerebrales comunes en población infantil y anciana, todas ellas relacionadas con la orientación espacial, en la que se suceden una serie de cambios ligados al momento evolutivo: en los niños, a una falta de maduración completa, y en los mayores, a un deterioro asociado a la edad. Todo este patrón de cambios cerebrales sustenta la idea del rendimiento en orientación en forma de “U” invertida que comentábamos anteriormente.

Por último, considerando su género, no se han encontrado diferencias en el rendimiento en orientación espacial entre niños y mayores, es decir, el rendimiento de mayores varones y niños, así como de mujeres mayores y niñas parece similar. De nuevo, debemos recordar que en nuestros análisis anteriores tampoco aparecían diferencias al comparar niños con niñas ni mujeres con hombres dentro del grupo de mayores. Así pues, estos resultados apuntan otra vez a que, en estos momentos evolutivos, no hay diferencias de género en la orientación espacial, que sí se encuentran, sin embargo, durante la juventud. Estos hallazgos parecen concordar con la hipótesis del papel de la testosterona como principal causa del mejor rendimiento en los hombres, ya que como hemos mencionado, no siempre se observan diferencias entre niños y niñas, sino que el despunte de los varones se da más consistentemente a partir de la pubertad (Nazareth y cols., 2019), y por el lado contrario, la bajada de testosterona asociada al envejecimiento (Driscoll y cols.,

2005) hace que, de nuevo, no siempre se halle esta disparidad en la ejecución de mujeres y hombres mayores.

5.3.5. Limitaciones

La presente investigación presenta una serie de limitaciones que debemos mencionar. En la muestra adulta joven, algunos factores importantes como de tipo hormonal – por ejemplo, la fase del ciclo menstrual en el que se encuentren las mujeres o si se encontraban tomando anticonceptivos – no han sido tomados en consideración, a pesar del importante papel que podrían representar. Asimismo, dado que la muestra estuvo compuesta fundamentalmente de alumnado universitario, es posible que dichos resultados no sean generalizables a la población adulta joven general, debido a una posible influencia del nivel educativo. En el caso de las personas mayores, otros factores importantes, como la ingesta de medicación, posibles patologías no neurológicas, pero con posible impacto cognitivo, como insuficiencias respiratorias o cardíacas, así como el nivel educativo alcanzado, no se han incluido en el presente estudio. En ninguna de las dos muestras se han recogido posibles factores influyentes comunes, como la calidad del descanso el día de la evaluación o la presencia de alguna alteración anímica en ausencia de alteraciones psicopatológicas, ya que estos suponían criterio de exclusión, que pudiera afectar al desempeño neuropsicológico. Las limitaciones de la población infantil son las mismas mencionadas en el apartado 5.2.5. de la Discusión, tales como la posible influencia en los resultados de variables del ámbito familiar y social cercano, así como el escolar. Otras limitaciones relacionadas con el protocolo de evaluación ya han sido comentadas anteriormente, como la posibilidad de emplear información egocéntrica durante la prueba Alocéntrica, no pudiendo asegurar la medición de una respuesta puramente alocéntrica. Entre otros posibles factores relacionados con la evaluación, la inclusión de un protocolo de valoración más completo, incluyendo otras capacidades como las atencionales o las funciones ejecutivas, podría resultar especialmente interesante en el caso de niños y mayores, debido al desarrollo progresivo esperado en los primeros como al posible deterioro asociado a los segundos, con el objetivo de poder caracterizar con mayor detalle qué otras capacidades guardan relación con la ejecución en orientación espacial.

6. Conclusiones

- La memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial está afectada en la población prematura menor de dos años, siendo nuestro paradigma Bebé-mnemo sensible a dichas diferencias a los 22 meses y la tarea Hide and Seek, a los 12.
- En el desarrollo normalizado parece ocurrir un momento evolutivo clave entre los 18 y los 22 meses en el que memoria a corto plazo y de trabajo visoespacial, se desarrollan de una manera más notable. En el caso de la población prematura, este patrón de desarrollo no se cumple, sino que únicamente se observa una mayor tolerancia a la demora a sus 22 meses.
- Tanto en niños de desarrollo típico como en prematuros, el rendimiento en memoria visoespacial está asociado al rendimiento cognitivo generalizado, así como al comportamiento mostrado por el niño durante la sesión de evaluación – enfado, proactividad, organización etc. – y/o a la tendencia a tener un temperamento difícil.
- Los niños prematuros de bajo peso y extremadamente bajo peso al nacer presentan dificultades en sus capacidades de orientación espacial egocéntrica y allocéntrica, cuyo rendimiento en orientación espacial parece relacionarse con el funcionamiento de otras capacidades cognitivas, tales como las habilidades visoespaciales.
- En los niños de desarrollo típico no se objetiva una mejora en su memoria egocéntrica y allocéntrica desde los 5 hasta los 7 años. Sin embargo, su ejecución sí se relaciona con los niveles de cortisol salivales, la presencia de determinadas conductas adaptativas – liderazgo y habilidades adaptativas - o inadaptativas – hiperactividad, depresión y atipicidad –, así como el desempeño en memoria espacial que muestra el niño en su día a día.
- En población adulta joven, los hombres superan a las mujeres en memoria egocéntrica y allocéntrica, así como en las habilidades visuales y espaciales como la amplitud visoespacial y la memoria de trabajo.
- El envejecimiento sano se relaciona con un deterioro de la capacidad de la memoria visoespacial tridimensional y de la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica, aunque parece que las mujeres mayores consiguen mantener su estrategia egocéntrica durante más tiempo que los varones.
- El curso de desarrollo de orientación espacial en el ciclo vital parece formar una “U” invertida, donde tanto los niños de 5 a 7 años como los ancianos obtienen menor rendimiento que el grupo adulto joven.

Conclusions

- Visuospatial short-term memory and working memory are altered in preterm children under 2 years of age. Our Baby-Mnemo paradigm is sensitive to these differences at 22 months, and the Hide and Seek task is sensitive to them at 12 months.
- In typical development, a key developmental moment seems to occur between 18 and 22 months, when visuospatial short-term and working memory develop more markedly. In preterm children, this developmental pattern is not reached, but a greater tolerance for delay is observed at 22 months.
- In both typically developing and premature children, visuospatial memory performance is associated with generalized cognitive performance, as well as the behavior shown by the child during the assessment session - anger, proactivity, organization, etc. - and/or the tendency to have a difficult temperament.
- Low-birth weight and extremely low-birth weight preterm children from 5 to 7 years of age have difficulties in their visuospatial memory and allocentric spatial orientation abilities, and their performance seems to be related to the functioning of other cognitive abilities, such as visuospatial skills.
- In typically developing children, no improvement in egocentric and allocentric memory is observed from age 5 to 7. However, their performance is related to salivary cortisol levels, to the presence of certain adaptive - leadership and adaptive skills - or maladaptive behaviors - hyperactivity, depression, and atypicality -, and to the child's performance on spatial memory in his/her day-to-day life.
- In the young adult population, men outperform women on egocentric and allocentric memory, as well as on visual and spatial skills, such as visuospatial span and working memory.
- Healthy aging is related to a decrease in three-dimensional visuospatial memory and egocentric and allocentric orientation, although older women seem to be able to maintain the egocentric strategy longer than older men.
- The developmental course of spatial orientation in the life cycle seems to form an inverted "U", where both 5 to 7-year-old children and the elderly perform worse than young adults.

7. Bibliografía

- Aanes, S., Bjuland, K. J., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. C. (2015). Memory function and hippocampal volumes in preterm born very-low-birth-weight (VLBW) young adults. *NeuroImage*, *105*, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.023>
- Aanes, S., Bjuland, K. J., Sripada, K., Sølshes, A. E., Grunewaldt, K. H., Håberg, A., ... Skranes, J. (2019). Reduced hippocampal subfield volumes and memory function in school-aged children born preterm with very low birthweight (VLBW). *NeuroImage: Clinical*, *23*(May), 101857. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101857>
- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Weisglas-Kuperus, N., van Goudoever, J. B., & Oosterlaan, J. (2009). Meta-Analysis of Neurobehavioral Outcomes in Very Preterm and/or Very Low Birth Weight Children. *Pediatrics*, *124*(2), 717–728. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-2816>
- Abulizi, X., Pryor, L., Michel, G., Melchior, M., Van Der Waerden, J., Annesi-Maesano, I., ... Thiebaugeorges, O. (2017). Temperament in infancy and behavioral and emotional problems at age 5.5: The EDEN mother-child cohort. *PLoS ONE*, *12*(2), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171971>
- Acredolo, L. P. (1978). Development of spatial orientation in infancy. *Developmental Psychology*, *14*(3), 224–234. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.14.3.224>
- Acredolo, L. P., Adams, A., & Goodwyn, S. W. (1984). The role of self-produced movement and visual tracking in infant spatial orientation. *Journal of Experimental Child Psychology*, *38*(2), 312–327. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90128-0](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90128-0)
- Acredolo, L. P., & Evans, D. (1980). Developmental changes in the effects of landmarks on infant spatial behavior. *Developmental Psychology*, *16*(4), 312–318. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.16.4.312>
- Adamo, D. E., Briceño, E. M., Sindone, J. A., Alexander, N. B., & Moffat, S. D. (2012). Age differences in virtual environment and real world path integration. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *4*(SEP), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00026>
- Aguilar Cordero, M. J., Sánchez López, A. M., Mur Villar, N., García García, I., Rodríguez López, M. A., Ortegón Piñero, A., & Cortes Castell, E. (2014). Cortisol salival como indicador de estrés fisiológico en niños y adultos; revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, *29*(5), 960–968. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7273>
- Aguirre, G. K., Detre, J. A., Alsop, D. C., & D'Esposito, M. (1996). The parahippocampus subserves topographical learning in man. *Cerebral Cortex*, *6*(6), 823–829. <https://doi.org/10.1093/cercor/6.6.823>
- Alcantara-Canabal, L., Fernandez-Baizan, C., Solis-Sanchez, G., Arias, J. L., & Mendez, M. (2018). Identificación de problemas de conducta y emocionales en niños prematuros en el ámbito de atención primaria. *Atención Primaria*, 1–6.
- Allen, M. C. (2008). Neurodevelopmental Outcomes Of Preterm Birth. *Current Opinion in Neurology*, *21*, 123–128. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2011.02463.x>
- Allin, M. P. G., Kontis, D., Walshe, M., Wyatt, J., Barker, G. J., Kanaan, R. A. A., ... Nosarti, C. (2011). White matter and cognition in adults who were born preterm. *PLoS ONE*, *6*(10), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024525>
- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*(1), 20–36. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.07.002>
- Alloway, T. P., & Archibald, L. M. D. (2008). Working Memory and Learning in Children and

- Specific Language Impairment. *Journal of Learning Disabilities*, 42(3), 251–262.
<https://doi.org/10.1177/0022219408315815>.
- Alloway, T. P., Rajendran, G., & Archibald, L. M. D. (2009). Working Memory in Children with Developmental Disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 42(4), 372–383.
<https://doi.org/10.1177/0022219409335214>
- Antonova, E., Parslow, D., Brammer, M., Dawson, G. R., Jackson, S. H. D., & Morris, R. G. (2009). Age-related neural activity during allocentric spatial memory. *Memory*, 17(2), 125–143.
<https://doi.org/10.1080/09658210802077348>
- Arnold, A. E. G. F., Burles, F., Bray, S., Levy, R. M., & Iaria, G. (2014). Differential neural network configuration during human path integration. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(April), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00263>
- Arpi, E., D'Amico, R., Lucaccioni, L., Bedetti, L., Berardi, A., & Ferrari, F. (2019). Worse global intellectual and worse neuropsychological functioning in preterm-born children at preschool age: a meta-analysis. *Acta Paediatrica*, 108(9), 1567–1579.
<https://doi.org/10.1111/apa.14836>
- Arpi, E., & Ferrari, F. (2013). Preterm birth and behaviour problems in infants and preschool-age children: a review of the recent literature. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(9), 788–796. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12142>
- Asociación Española de Pediatría, A., & Sociedad Española de Neonatología, S. (2008). *Protocolos de Neonatología (2ª)*.
- Astur, R S, Ortiz, M. L., & Sutherland, R. J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: a large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93(1–2), 185–190. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(98\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(98)00019-9)
- Astur, Robert S., Taylor, L. B., Mamelak, A. N., Philpott, L., & Sutherland, R. J. (2002). Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 132(1), 77–84. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(01\)00399-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00399-0)
- Atkinson, J, & Nardini, M. (2008). The neuropsychology of visuospatial and visuomotor development. In J. Reed & J. Warner-Rogers (Eds.), *Child Neuropsychology: Concepts, Theory and Practice* (pp. 183–217). Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
- Atkinson, Janette, & Braddick, O. (2007). Visual and visuo-cognitive development in children born very prematurely. In *Progress in Brain Research* (Vol. 164, pp. 123–149).
[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64007-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64007-2)
- Baddeley, A. D. (1989). *Psicología de la memoria (1ª)*. Madrid: Debate.
- Baddeley, A. D. (1999). *Memoria humana. Teoría y práctica (1ª)*. Madrid: McGraw-Hill.
- Baddeley, A. D. (2002). Fractionating the Central Executive. In *Principles of Frontal Lobe Function* (Vol. 47). <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0016>
- Baillargeon, R., Devos, J., & Graber, M. (1989). Location memory in 8-month-old infants in a non-search AB task: Further evidence. *Cognitive Development*, 4(4), 345–367.
[https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(89\)90040-3](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(89)90040-3)
- Baird, A. A., Kagan, J., Gaudette, T., Walz, K. A., Hershlag, N., & Boas, D. A. (2002). Frontal lobe activation during object permanence: Data from near-infrared spectroscopy. *NeuroImage*, 16(4), 1120–1126. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1170>

- Ball, G., Boardman, J. P., Rueckert, D., Aljabar, P., Arichi, T., Merchant, N., ... Counsell, S. J. (2012). The Effect of Preterm Birth on Thalamic and Cortical Development. *Cerebral Cortex*, 22(May), 1016–1024. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr176>
- Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2010). Spatial relational learning and memory abilities do not differ between men and women in a real-world, open-field environment. *Behavioural Brain Research*, 207(1), 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.09.046>
- Banta Lavenex, P., Lecci, S., Pretre, V., Brandner, C., Mazza, C., Pasquier, J., & Lavenex, P. (2011). As the world turns: Short-term human spatial memory in egocentric and allocentric coordinates. *Behavioural Brain Research*, 219(1), 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.12.035>
- Barnett, R., Maruff, P., & Vance, A. (2005). An investigation of visuospatial memory impairment in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), combined type. *Psychological Medicine*, 35(10), 1433–1443. <https://doi.org/10.1017/S0033291705005234>
- Baron, I. S., Erickson, K., Ahronovich, M. D., Litman, F. R., & Brandt, J. (2010). Spatial Location Memory Discriminates Children Born at Extremely Low Birth Weight and Late-Preterm at Age Three. *Neuropsychology*, 24(6), 787–794. <https://doi.org/10.1037/a0020382>
- Beauchamp, M. H., Thompson, D. K., Howard, K., Doyle, L. W., Egan, G. F., Inder, T. E., & Anderson, P. J. (2008). Preterm infant hippocampal volumes correlate with later working memory deficits. *Brain*, 131(11), 2986–2994. <https://doi.org/10.1093/brain/awn227>
- Beaudet, G., Bouet, V., Jozet-Alves, C., Schumann-Bard, P., Dauphin, F., Paizanis, E., ... Freret, T. (2015). Spatial memory deficit across aging: current insights of the role of 5-HT7 receptors. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8(January), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00448>
- Beck, S., Wojdyla, D., Say, L., Betran, P., Merialdi, M., Requejo, H., & Rubens, C. (2010). *The worldwide incidence of preterm birth : a systematic review of maternal mortality and morbidity*. (April 2009), 31–38. <https://doi.org/10.2471/BLT.08.062554>
- Begega, A., Méndez López, M., de Iscar, M. J., Cuesta-Izquierdo, M., Solís, G., Fernández-Colomer, B., ... Arias, J. L. (2010). Assessment of the global intelligence and selective cognitive capacities in preterm 8-year-old children. *Psicothema*, 22(4), 648–653.
- Belmonti, V., Fiori, S., Guzzetta, A., Cioni, G., & Berthoz, A. (2015). Cognitive strategies for locomotor navigation in normal development and cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 57(s2), 31–36. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12685>
- Benjamini, Y., Krieger, A. M., & Yekutieli, D. (2006). Adaptive linear step-up procedures that control the false discovery rate. *Biometrika*, 93(3), 491–507. <https://doi.org/10.1093/biomet/93.3.491>
- Benton, A., Hamsher, K., Varney, N., & Spreen, O. (1983). *Contributions to Neuropsychological Assessment: A Clinical Manual*. New York: Oxford University Press.
- Bernardino, I., Mouga, S., Castelo-Branco, M., & Van Asselen, M. (2013). Egocentric and allocentric spatial representations in Williams Syndrome. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 19(1), 54–62. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000963>
- Bhutta, A. T., Cleves, M. A., Casey, P. H., Cradock, M. M., & Anand, K. J. S. (2002a). Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm: A meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, 288(6), 728–737. <https://doi.org/10.1001/jama.288.6.728>

- Bhutta, A. T., Cleves, M. A., Casey, P. H., Cradock, M. M., & Anand, K. J. S. (2002b). Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm. *Journal of the American Medical Association*, *288*(6), 728–737. <https://doi.org/10.1001/jama.288.6.728>
- Bianchini, F., Palermo, L., Piccardi, L., Incoccia, C., Nemmi, F., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2014). Where Am I? A new case of developmental topographical disorientation. *Journal of Neuropsychology*, *8*(1), 107–124. <https://doi.org/10.1111/jnp.12007>
- Blair, C., Granger, D., & Razza, R. P. (2005). Cortisol Reactivity Is Positively Related to Executive Function in Preschool Children Attending Head Start. *Child Development*, *76*(3), 554–567.
- Blankenship, S. L., Redcay, E., Dougherty, L. R., & Riggins, T. (2017). Development of hippocampal functional connectivity during childhood. *Human Brain Mapping*, *38*(1), 182–201. <https://doi.org/10.1002/hbm.23353>
- Blencowe, H., Cousens, S., Chou, D., Oestergaard, M., Say, L., Moller, A., & Kinney, M. (2013). *Born Too Soon : The global epidemiology of 15 million preterm births*. *10*(Suppl 1), 1–14.
- Bocchi, A., Palermo, L., Boccia, M., Palmiero, M., D’Amico, S., & Piccardi, L. (2018). Object recognition and location: Which component of object location memory for landmarks is affected by gender? Evidence from four to ten year-old children. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1504218>
- Boccia, M., Nemmi, F., & Guariglia, C. (2014). Neuropsychology of environmental navigation in humans: Review and meta-analysis of fMRI studies in healthy participants. *Neuropsychology Review*, *24*(4), 236–251. <https://doi.org/10.1007/s11065-014-9247-8>
- Bodeau-Livinec, F., Zeitlin, J., Blondel, B., Arnaud, C., Fresson, J., Burguet, A., ... Kaminski, M. (2013). Do very preterm twins and singletons differ in their neurodevelopment at 5 years of age? *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, *98*(6). <https://doi.org/10.1136/archdischild-2013-303737>
- Bohbot, V. D., Gupta, M., Banner, H., & Dahmani, L. (2011). Caudate nucleus-dependent response strategies in a virtual navigation task are associated with lower basal cortisol and impaired episodic memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, *96*(2), 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.04.007>
- Bolisetty, S., Dhawan, A., Abdel-Latif, M., Bajuk, B., Stack, J., & Lui, K. (2014). Intraventricular Hemorrhage and Neurodevelopmental Outcomes in Extreme Preterm Infants. *Pediatrics*, *133*(1), 55–62. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-0372>
- Bouyssi-Kobar, M., Brossard-Racine, M., Jacobs, M., Murnick, J., Chang, T., & Limperopoulos, C. (2018). Regional microstructural organization of the cerebral cortex is affected by preterm birth. *NeuroImage: Clinical*, *18*(March), 871–880. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.03.020>
- Breeman, L. D., Jaekel, J., Baumann, N., Bartmann, P., & Wolke, D. (2017). Neonatal predictors of cognitive ability in adults born very preterm: a prospective cohort study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *59*(5), 477–483. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13380>
- Bremner, J. G., Hatton, F., Foster, K. A., & Mason, U. (2011). The contribution of visual and vestibular information to spatial orientation by 6- to 14-month-old infants and adults. *Developmental Science*, *14*(5), 1033–1045. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01051.x>
- Broadbent, H. J., Farran, E. K., & Tolmie, A. (2014). Egocentric and allocentric navigation strategies in Williams syndrome and typical development. *Developmental Science*, *17*(6), 920–934. <https://doi.org/10.1111/desc.12176>

- Brouwer, A. J., Van Stam, C., Uniken Venema, M., Koopman, C., Groenendaal, F., & De Vries, L. S. (2012). Cognitive and neurological outcome at the age of 5-8 years of preterm infants with post-hemorrhagic ventricular dilatation requiring neurosurgical intervention. *Neonatology*, *101*(3), 210–216. <https://doi.org/10.1159/000331797>
- Bullens, J., Iglói, K., Berthoz, A., Postma, A., & Rondi-reig, L. (2010). Developmental time course of the acquisition of sequential egocentric and allocentric navigation strategies. *Journal of Experimental Child*, *107*, 337–350. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.05.010>
- Bullens, J., Klugkist, I., & Postma, A. (2011). The role of local and distal landmarks in the development of object location memory. *Developmental Psychology*, *47*(6), 1515–1524. <https://doi.org/10.1037/a0025273>
- Bullens, J., Nardini, M., Doeller, C. F., Braddick, O., Postma, A., & Burgess, N. (2010). The role of landmarks and boundaries in the development of spatial memory. *Developmental Science*, *13*(1), 170–180. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00870.x>
- Burgess, N. (2008). Spatial cognition and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1124*, 77–97. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.002>
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, *35*(4), 625–641. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00830-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00830-9)
- Burkitt, J., Widman, D., & Saucier, D. M. (2007). Evidence for the influence of testosterone in the performance of spatial navigation in a virtual water maze in women but not in men. *Hormones and Behavior*, *51*(5), 649–654. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.007>
- Butcher, P. R., Bouma, A., Stremmelaar, E. F., Bos, A. F., Smithson, M., & Van Braeckel, K. N. J. A. (2012). Visuospatial perception in children born preterm with no major neurological disorders. *Neuropsychology*, *26*(6), 723–734. <https://doi.org/10.1037/a0029298>
- Caldinelli, C., Froudust-Walsh, S., Karolis, V., Tseng, C. E., Allin, M. P., Walshe, M., ... Nosarti, C. (2017). White matter alterations to cingulum and fornix following very preterm birth and their relationship with cognitive functions. *NeuroImage*, *150*(December 2015), 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.02.026>
- Call, J. (2001). Object permanence in orangutans (*Pongo pygmaeus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and children (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, *115*(2), 159–171. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.115.2.159>
- Caravale, B., Tozzi, C., Albino, G., & Vicari, S. (2005). Cognitive development in low risk preterm infants at 3-4 years of life. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, *90*(6), 474–479. <https://doi.org/10.1136/adc.2004.070284>
- Cassiano, Rafaela G.M., Gaspardo, C. M., & Linhares, M. B. M. (2016). Prematurity, Neonatal Health Status, and Later Child Behavioral/Emotional Problems: a Systematic Review. *Infant Mental Health Journal*, *37*(3), 274–288. <https://doi.org/10.1002/imhj.21563>
- Cassiano, Rafaela G.M., Provenzi, L., Linhares, M. B. M., Gaspardo, C. M., & Montiroso, R. (2020). Does preterm birth affect child temperament? A meta-analytic study. *Infant Behavior and Development*, *58*(March 2019), 101417. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2019.101417>
- Cassiano, Rafaela Guilherme Monte, Gaspardo, C. M., Facioli, R. A. de D., Martinez, F. E., & Linhares, M. B. M. (2017). Temperament and behavior in toddlers born preterm with related clinical problems. *Early Human Development*, *112*(June), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.06.003>

- Catherine, N. L. A., Schonert-Reichl, K. A., Hertzman, C., & Oberlander, T. F. (2012). Afternoon Cortisol in Elementary School Classrooms: Associations with Peer and Teacher Support and Child Behavior. *School Mental Health, 4*(3), 181–192. <https://doi.org/10.1007/s12310-012-9076-y>
- Chai, X. J., Ofen, N., Jacobs, L. F., & Gabrieli, J. D. E. (2010). Scene complexity: Influence on perception, memory, and development in the medial temporal lobe. *Frontiers in Human Neuroscience, 4*(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00021>
- Chaminade, T., Leutcher, R. H. V., Millet, V., & Deruelle, C. (2013). fMRI evidence for dorsal stream processing abnormality in adults born preterm. *Brain and Cognition, 81*(1), 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.10.006>
- Chen, Y., Monaco, S., Byrne, P., Yan, X., Henriques, D. Y. P., & Crawford, J. D. (2014). Allocentric versus Egocentric Representation of Remembered Reach Targets in Human Cortex. *Journal of Neuroscience, 34*(37), 12515–12526. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1445-14.2014>
- Chersi, F., & Burgess, N. (2015). The Cognitive Architecture of Spatial Navigation: Hippocampal and Striatal Contributions. *Neuron, 88*(1), 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.021>
- Childs, A., Ramenghi, L. A., Cornette, L., Tanner, S. F., Arthur, R. J., Martinez, D., & Levene, M. I. (2001). Cerebral Maturation in Premature Infants : Quantitative Assessment Using MR Imaging. *American Journal of Neuroradiology, 22*(September), 1577–1582.
- Chong, S. Y., Chittleborough, C. R., Gregory, T., Lynch, J., Mittinty, M., & Smithers, L. G. (2019). The controlled direct effect of temperament at 2-3 years on cognitive and academic outcomes at 6-7 years. *PLoS ONE, 14*(6), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204189>
- Cimadevilla, J. M., Roldán, L., París, M., Arnedo, M., & Roldán, S. (2014). Spatial learning in a virtual reality-based task is altered in very preterm children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 36*(9), 1002–1008. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.963520>
- Clark, C. A. C., & Woodward, L. J. (2010). Neonatal Cerebral Abnormalities and Later Verbal and Visuospatial Working Memory Abilities of Children Born Very Preterm. *Developmental Neuropsychology, 35*(6), 622–642. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.508669>
- Clearfield, M. W., Diedrich, F. J., Smith, L. B., & Thelen, E. (2006). Young infants reach correctly in A-not-B tasks: On the development of stability and perseveration. *Infant Behavior and Development, 29*(3), 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.03.001>
- Colombo, D., Serino, S., Tuena, C., Pedroli, E., Dakanalis, A., Cipresso, P., & Riva, G. (2017). Egocentric and allocentric spatial reference frames in aging: A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 80*(July), 605–621. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.07.012>
- Colombo, J. (2001). The Development of Visual Attention in Infancy. *Annual Review of Psychology, 52*(1), 337–367. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.337>
- Conson, M., Bianchini, F., Quarantelli, M., Salzano, S., Vita, A. Di, Guariglia, C., ... Quarantelli, M. (2018). Selective map-following navigation deficit : A new case of developmental topographical disorientation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 1*–11. <https://doi.org/10.1080/13803395.2018.1451493>
- Constantinidis, C., & Wang, X.-J. (2004). A Neural Circuit Basis for Spatial Working Memory. *The Neuroscientist, 10*(6), 553–565. <https://doi.org/10.1177/1073858404268742>

- Cook, D., & Kesner, R. P. (1988). Caudate nucleus and memory for egocentric localization. *Behavioral and Neural Biology*, *49*(3), 332–343. [https://doi.org/10.1016/S0163-1047\(88\)90338-X](https://doi.org/10.1016/S0163-1047(88)90338-X)
- Cooke, R. W. I. (2005). Perinatal and postnatal factors in very preterm infants and sequent cognitive and motor abilities. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, *90*(1), 60–63. <https://doi.org/10.1136/adc.2004.059188>
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children’s verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *166*, 604–620. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.006>
- Couperus, J. W., & Nelson, C. A. (2006). Early brain development and physiological development. In K. McCartney & D. Phillips (Eds.), *Blackwell Handbook of Early Childhood Development* (pp. 85–106). Malden: Blackwell Publishing.
- Crollen, V., & Noel, M.-P. (2015). Spatial and numerical processing in children with high and low visuospatial abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *132*, 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.12.006>
- Crowther, H. L., Lew, A. R., & Whitaker, C. J. (2000). The development of beacon use for spatial orientation in 6 – 8 . 5-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, *23*, 41–59.
- Cuevas, K., Bell, M. A., & Calkins, S. D. (2013). EEG and Heart Rate Measures of Working Memory at 5 and 10 Months of Age. *Developmental Psychology*, *48*(4), 907–917. <https://doi.org/10.1037/a0026448>.EEG
- Cummings, E. M., & Bjork, E. L. (1983a). Perseveration and search on a five-choice visible displacement hiding task. *The Journal of Genetic Psychology*, *142*, 283–291.
- Cummings, E. M., & Bjork, E. L. (1983b). Search behavior on multi-choice hiding tasks: Evidence for an objective conception of space in infancy. *International Journal of Behavioral Development*, *6*, 71–87.
- Curran, E. A., O’Neill, S. M., Cryan, J. F., Kenny, L. C., Dinan, T. G., Khashan, A. S., & Kearney, P. M. (2015). Research Review: Birth by caesarean section and development of autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *56*(5), 500–508. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12351>
- Dabbs, J. M., Chang, E. L., Strong, R. A., & Milun, R. (1998). Spatial Ability, Navigation Strategy, and Geographic Knowledge Among Men and Women. *Evolution and Human Behavior*, *19*(2), 89–98. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(97\)00107-4](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(97)00107-4)
- Damaraju, E., Phillips, J. R., Lowe, J. R., Ohls, R., Calhoun, V. D., & Caprihan, A. (2010). Resting-state functional connectivity differences in premature children. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *4*(June), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2010.00023>
- Davies, C. R., & Harrington, J. J. (2016). Impact of Obstructive Sleep Apnea on Neurocognitive Function and Impact of Continuous Positive Air Pressure. *Sleep Medicine Clinics*, *11*(3), 287–298. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2016.04.006>
- Davis, E. P., Bruce, J., & Gunnar, M. R. (2002). The Anterior Attention Network : Associations With Temperament and Neuroendocrine Activity in 6-Year-Old Children. *Developmental Psychobiology*, *40*(1), 43–56. <https://doi.org/10.1002/dev.10012>
- de Goede, M., & Postma, A. (2015). Learning your way in a city: Experience and gender differences in configurational knowledge of one’s environment. *Frontiers in Psychology*,

- 6(MAR), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00402>
- de Noreña, D., & Maestú, F. (2008). Neuropsicología de la memoria. In J. Tirapu Ustárroz, M. Rios Lago, & F. Maestú Unturbe (Eds.), *Manual de Neuropsicología* (1ª, pp. 189–218). Barcelona: Viguera.
- Delobel-Ayoub, M., Arnaud, C., White-Koning, M., Casper, C., Pierrat, V., Garel, M., ... Larroque, B. (2009). Behavioral Problems and Cognitive Performance at 5 Years of Age After Very Preterm Birth: The EPIPAGE Study. *Pediatrics*, *123*(6), 1485–1492. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1216>
- Dempsey, E. E., Smith, I. M., Flanagan, H. E., Duku, E., Lawrence, M. A., Szatmari, P., ... Bennett, T. (2018). Psychometric Properties of the Merrill-Palmer-Revised Scales of Development in Preschool Children With Autism Spectrum Disorder. *Assessment*, *1073191118818754*. <https://doi.org/10.1177/1073191118818754>
- Diamond, A., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, *74*(1), 24–40. <https://doi.org/10.1007/BF00248277>
- Diamond, A. (1998). Understanding the A-not-B error: Working memory vs. reinforced response, or active trace vs. latent trace. *Developmental Science*, *1*(2), 185–189. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00022>
- Diamond, A. (2000). Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. *Child Development*, *71*(1), 44–56.
- Diamond, A. (2001). A Model System for Studying the Role of Dopamine in the Prefrontal Cortex during Early Development in Humans : Early and Continuously Treated Chapter 29 . A Model System for Studying the Role of Dopamine in the Prefrontal Cortex during Early Development i. In C. a. Nelson & M. Luciana (Eds.), *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*. M.I.T. Press.
- Diamond, A., Cruttenden, L., & Neiderman, D. (1994). AB With Multiple Wells: 1. Why Are Multiple Wells Sometimes Easier Than Two Wells? 2. Memory or Memory + Inhibition. *Developmental Psychology*, *30*(2), 192–205.
- Diamond, A., & Doar, B. (1989). The Performance of Human Infants on a Measure of Frontal Cortex Function, the Delayed Response Task. *Developmental Psychobiology*, *22*(3), 271–294.
- Diamond, A., Prevor, M. B., Callender, G., & Druin, D. P. (1997). Prefrontal cortex in cognitive deficits in children treated early and continuously for pku. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *62*(4).
- Doria, V., Beckmann, C. F., Arichi, T., Merchant, N., Groppo, M., Turkheimer, F. E., ... Edwards, D. (2010). Emergence of resting state networks in the preterm human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(46), 20015–20020. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007921107>
- Driscoll, I., Hamilton, D. A., Yeo, R. A., Brooks, W. M., & Sutherland, R. J. (2005). Virtual navigation in humans: The impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior*, *47*(3), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.11.013>
- Emanuele, C., & Louse, G. (2004). Gender differences in spatial orientation : A review. *Journal of Environmental Psychology*, *24*, 329–340. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.08.006>
- Espy, K. A., Stalets, M. M., Melanie, M., Senn, T. E., Cwik, M. F., & Hamby, A. (2002). Executive

- Functions in Preschool Children Born Preterm : Application of Cognitive Neuroscience Paradigms. *Child Neuropsychology : A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 8(2), 83–92. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.83.8723>
- Fan, R., Portuguese, M., & Nunes, M. (2013). Cognition, behavior and social competence of preterm low birth weight children at school age. *Clinics*, 68(7), 915–921. [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(07\)05](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(07)05)
- Federación Estatal de Asociaciones de Profesionales de Atención Temprana. (2000). *Libro Blanco de la Atención Temprana*. <https://doi.org/214-05-012-9>
- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance. *Behavioural Brain Research*, 359(August 2018), 694–700. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.09.017>
- Fernandez-Baizan, C., Diaz-Caceres, E., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: Performance on real-world tasks. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 52(4), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1414-431x20198041>
- Fernandez-Baizan, C., Alcántara-Canabal, L., Solis, G., & Mendez, M. (2020). The association between perinatal and neonatal variables and neuropsychological development in very and extremely low-birth-weight preterm children at the beginning of primary school. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1709464>
- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Spatial orientation assessment in preschool children : Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278>
- Fitzpatrick, A., Carter, J., & Quigley, M. A. (2016). Association of gestational age with verbal ability and Spatial Working Memory at age 11. *Pediatrics*, 138(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-0578>
- Flamand, V. H., Nadeau, L., & Schneider, C. (2012). Brain motor excitability and visuomotor coordination in 8-year-old children born very preterm. *Clinical Neurophysiology*, 123(6), 1191–1199. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.09.017>
- Flick, R. P., Katusic, S. K., Colligan, R. C., Wilder, R. T., Voigt, R. G., Olson, M. D., ... Warner, D. O. (2011). Cognitive and Behavioral Outcomes After Early Exposure to Anesthesia and Surgery. *Pediatrics*, 128(5), e1053–e1061. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-0351>
- Floyd, R. L., Gathercoal, K., & Roid, G. (2004). No evidence for ethnic and racial bias in the Tryout Edition of the Merrill-Palmer Scale-Revised. *Psychological Reports*, 94(1), 217–220. <https://doi.org/10.2466/pr0.94.1.217-220>
- Foley, A. E., Vasilyeva, M., & Laski, E. V. (2017). Children’s use of decomposition strategies mediates the visuospatial memory and arithmetic accuracy relation. *The British Journal of Developmental Psychology*, 35(2), 303–309. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12166>
- Forns, J., Vegas, O., Julvez, J., Garcia-Esteban, R., Rivera, M., Lertxundi, N., ... Sunyer, J. (2014). Association between child cortisol levels in saliva and neuropsychological development during the second year of life. *Stress and Health*, 30(2), 142–148. <https://doi.org/10.1002/smi.2504>
- Fraello, D., Maller-Kesselman, J., Vohr, B., Katz, K. H., Kesler, S., Schneider, K., ... Spann, M. N. (2011). Consequence of preterm birth in early adolescence: the role of language on auditory short-term memory. *Journal of Child Neurology*, 26(6), 738–742. <https://doi.org/10.1177/0883073810391904>

- Franklin, J., & Espitia-De La Hoz, M. D. (2008). Diagnosis and treatment of clinic chorioamnionitis. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, *59*(3), 231–237.
- Franz, A. P., Bolat, G. U., Bolat, H., Matijasevich, A., Santos, I. S., Silveira, R. C., ... Moreira-Maia, C. R. (2018). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Very Preterm/Very Low Birth Weight: A Meta-analysis. *Pediatrics*, *141*(1), e20171645. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1645>
- Frick, A., Ferrara, K., & Newcombe, N. S. (2013). Using a touch screen paradigm to assess the development of mental rotation between 3(1/2) and 5(1/2) years of age. *Cognitive Processing*, *14*(2), 117–127. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0534-0>
- Frick, A., Möhring, W., & Newcombe, N. S. (2014). Development of mental transformation abilities. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(10), 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.05.011>
- Frings, L., Wagner, K., Unterrainer, J., Spreer, J., Halsband, U., & Schulze-Bonhage, A. (2006). Gender-related differences in lateralization of hippocampal activation and cognitive strategy. *NeuroReport*, *17*(4), 417–421. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000203623.02082.e3>
- Galati, G., Lobel, E., Vallar, G., Berthoz, A., Pizzamiglio, L., & Le Bihan, D. (2000). The neural basis of egocentric and allocentric coding of space in humans: a functional magnetic resonance study. *Experimental Brain Research*, *133*(2), 156–164. <https://doi.org/10.1007/s002210000375>
- Galati, G., Pelle, G., & Berthoz, A. (2010). Multiple reference frames used by the human brain for spatial perception and memory. *Experimental Brain Research*, (206), 109–120. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2168-8>
- Gallagher, P., Gray, J. M., & Kessels, R. P. C. (2015). Fractionation of visuo-spatial memory processes in bipolar depression: a cognitive scaffolding account. *Psychological Medicine*, *45*(3), 545–558. <https://doi.org/10.1017/S0033291714001676>
- Gardener, H., Spiegelman, D., & Buka, S. L. (2011). Perinatal and Neonatal Risk Factors for Autism: A Comprehensive Meta-analysis. *Pediatrics*, *128*(2), 344–355. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1036>
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Garon, N., Smith, I. M., & Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, *20*(6), 713–736. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.857650>
- Gaspardo, C. M., Cassiano, R. G. M., Gracioli, S. M. A., Furini, G. C. B., & Linhares, M. B. M. (2018). Effects of neonatal pain and temperament on attention problems in toddlers born preterm. *Journal of Pediatric Psychology*, *43*(3), 342–351. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsx140>
- Gazova, I., Laczó, J., Rubinova, E., Mokrisova, I., Hyncicova, E., Andel, R., ... Hort, J. (2013). Spatial navigation in young versus older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *5*(DEC), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00094>
- Geary, D., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, *78*(4), 1343–1359. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x>

- Gerstein, E. D., Woodman, A. C., Burnson, C., Cheng, E. R., & Poehlmann-Tynan, J. (2017). Trajectories of Externalizing and Internalizing Behaviors in Preterm Children Admitted to a Neonatal Intensive Care Unit. *Journal of Pediatrics*, *187*, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.047>
- Ghetti, S., & Bunge, S. A. (2012). Neural changes underlying the development of episodic memory during middle childhood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *2*(4), 381–395. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2012.05.002>
- Gilmore, R., & Johnson, M. H. (1995). Working memory in infancy 6 month-olds performance on two versions of the oculomotor delayed response task. *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 59, pp. 397–418.
- Goeke, C., Kornpetpanee, S., Köster, M., Fernández-Revelles, A. B., Gramann, K., & König, P. (2015). Cultural background shapes spatial reference frame proclivity. *Scientific Reports*, *5*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/srep11426>
- Gomez, A., Cerles, M., Rousset, S., Remy, C., & Baciú, M. (2014). Differential hippocampal and retrosplenial involvement in egocentric-updating, rotation, and allocentric processing during online spatial encoding: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(March), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00150>
- Gouteux, S., Vauclair, J., & Thinus-Blanc, C. (2001). Reorientation in a small-scale environment by 3-4-, and 5-year-old children. *Cognitive Development*, *16*(3), 853–869. [https://doi.org/10.1016/s0885-2014\(01\)00062-4](https://doi.org/10.1016/s0885-2014(01)00062-4)
- Gramann, K., Onton, J., Riccobon, D., Mueller, H. J., Bardins, S., & Makeig, S. (2010). Human brain dynamics accompanying use of egocentric and allocentric reference frames during navigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(12), 2836–2849. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21369>
- Grön, G., Wunderlich, A. P., Grön, G., Wunderlich, A. P., Spitzer, M., Tomczak, R., & Riepe, M. W. (2000). Brain activation during human navigation : Gender-different neural networks as substrate of performance. *Nature Neuroscience*, *3*(4), 404–408. <https://doi.org/10.1038/73980>
- Hamilton, D. A., Kodituwakku, P., Sutherland, R. J., & Savage, D. D. (2003). Children with Fetal Alcohol Syndrome are impaired at place learning but not cued-navigation in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, *143*(1), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00028-7)
- Han, J., Wang, L. U., Bian, H., Zhou, X., & Ruan, C. (2015). Effects of paroxetine on spatial memory function and protein kinase C expression in a rat model of depression. *Experimental and Therapeutic Medicine*, *10*(4), 1489–1492. <https://doi.org/10.3892/etm.2015.2663>
- Hashimoto, R., Tanaka, Y., & Nakano, I. (2010). Heading disorientation: A new test and a possible underlying mechanism. *European Neurology*, *63*(2), 87–93. <https://doi.org/10.1159/000276398>
- Hasler, H. M., & Akshoomoff, N. (2019). Mathematics ability and related skills in preschoolers born very preterm. *Child Neuropsychology*, *25*(2), 162–178. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1412413>
- Hedderich, D. M., Bäuml, J. G., Menegaux, A., Avram, M., Daamen, M., Zimmer, C., ... Sorg, C. (2020). An analysis of MRI derived cortical complexity in premature-born adults: Regional patterns, risk factors, and potential significance. *NeuroImage*, *208*(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116438>

- Hellhammer, D. H., Wüst, S., & Kudielka, B. M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(2), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.10.026>
- Hermer-Vazquez, L., Moffet, A., & Munkholm, P. (2001). Language, space, and the development of cognitive flexibility in humans: The case of two spatial memory tasks. *Cognition*, *79*(3), 263–299. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00120-7)
- Hill, A. C., Laird, A. R., & Robinson, J. L. (2014). Gender differences in working memory networks : A BrainMap. *Biological Psychology*, *102*, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.06.008>
- Hofstadter, M., & Reznick, J. S. (1996). Response Modality Affects Human Infant Delayed-Response Performance. *Child Development*, *67*(2), 646–658. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01757.x>
- Horne, R. S. C., Fung, A. C. H., McNeil, S., Fyfe, K. L., Odoi, A., & Wong, F. Y. (2017). The Longitudinal Effects of Persistent Apnea on Cerebral Oxygenation in Infants Born Preterm. *Journal of Pediatrics*, *182*, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.11.081>
- Hort, J., Laczó, J., Vyhnalek, M., Bojar, M., Bures, J., & Vlcek, K. (2007). Spatial navigation deficit in amnesic mild cognitive impairment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(10), 4042–4047. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611314104>
- Howe, T. H., Sheu, C. F., Hsu, Y. W., Wang, T. N., & Wang, L. W. (2016). Predicting neurodevelopmental outcomes at preschool age for children with very low birth weight. *Research in Developmental Disabilities*, *48*, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.11.003>
- Hu, Q., Yang, Y., Huang, Z., & Shao, Y. (2018). Children and adults prefer the egocentric representation to the allocentric representation. *Frontiers in Psychology*, *9*(AUG), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01522>
- Hunt, R. W., Hickey, L. M., Burnett, A. C., Anderson, P. J., Cheong, J. L. Y., & Doyle, L. W. (2018). Early surgery and neurodevelopmental outcomes of children born extremely preterm. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, *103*(3), F227 LP-F232.
- Hupbach, A., & Nadel, L. (2005). Reorientation in a rhombic environment: No evidence for an encapsulated geometric module. *Cognitive Development*, *20*(2), 279–302. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2005.04.003>
- Hutchinson, E. A., De Luca, C. R., Doyle, L. W., Roberts, G., & Anderson, P. J. (2013). School-age outcomes of extremely preterm or extremely low birth weight children. *Pediatrics*, *131*(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2311>
- Huttenlocher, J., & Vasilyeva, M. (2003). How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, *27*(5), 749–766. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(03\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(03)00062-4)
- Iachini, T., Iavarone, A., Senese, V., Ruotolo, F., & Ruggiero, G. (2009). Visuospatial Memory in Healthy Elderly, AD and MCI: A Review. *Current Aging Science*, *2*(1), 43–59. <https://doi.org/10.2174/1874612810902010043>
- Iachini, T., Ruotolo, F., & Ruggiero, G. (2009). The effects of familiarity and gender on spatial representation. *Journal of Environmental Psychology*, *29*(2), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.07.001>
- Iaria, G., & Barton, J. J. S. (2010). Developmental topographical disorientation : a newly discovered cognitive disorder. *Experimental Brain Research*, *206*, 189–196.

<https://doi.org/10.1007/s00221-010-2256-9>

- Iaria, G., Bogod, N., Fox, C. J., & Barton, J. J. S. (2009). Neuropsychologia Developmental topographical disorientation : Case one. *Neuropsychologia*, *47*, 30–40.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.08.021>
- Iaria, G., Incoccia, C., Piccardi, L., Nico, D., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2005). Lack of orientation due to a congenital brain malformation : A case study. *Neurocase*, *11*, 463–474.
<https://doi.org/10.1080/13554790500423602>
- Iaria, G., Palermo, L., Committeri, G., & Barton, J. J. S. (2009). Age differences in the formation and use of cognitive maps. *Behavioural Brain Research*, *196*(2), 187–191.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.08.040>
- Ismail, F. Y., Fatemi, A., & Johnston, M. V. (2017). Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*, *21*(1), 23–48.
<https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.07.007>
- Jacobsen, L. K., Slotkin, T. A., Westerveld, M., Mencl, W. E., & Pugh, K. R. (2006). Visuospatial memory deficits emerging during nicotine withdrawal in adolescents with prenatal exposure to active maternal smoking. *Neuropsychopharmacology*, *31*(7), 1550–1561.
<https://doi.org/10.1038/sj.npp.1300981>
- Jiang, P., Tokariev, M., Aronen, E. T., Salonen, O., Ma, Y. Y., Vuontela, V., & Carlson, S. (2014). Responsiveness and functional connectivity of the scene-sensitive retrosplenial complex in 7-11-year-old children. *Brain and Cognition*, *92*, 61–72.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.10.005>
- Johnson, S., Evans, T. A., Draper, E. S., Field, D. J., Manktelow, B. N., Marlow, N., ... Boyle, E. M. (2015). Neurodevelopmental outcomes following late and moderate prematurity: A population-based cohort study. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, *100*(4), F301–F308. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2014-307684>
- Johnson, S., Hollis, C., Kochhar, P., Hennessy, E., Wolke, D., & Marlow, N. (2010). Psychiatric disorders in extremely preterm children: The EPICure study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *49*(5), 453–463.
<https://doi.org/10.1097/00004583-201005000-00006>
- Johnson, S., & Marlow, N. (2011). Preterm birth and childhood psychiatric disorders. *Pediatric Research*, *69*(5 PART 2), 22–28. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182121faa0>
- Johnston, M. V. (2009). Plasticity in the developing brain: implications for rehabilitation. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *15*(2), 94–101.
<https://doi.org/10.1002/ddrr.64>
- Jolesz, F. A., Barnes, P. D., Tsuji, M. K., Warfield, S., Kikinis, R., Zientara, G. P., ... Volpe, J. J. (2005). Quantitative magnetic resonance imaging of brain development in premature and mature newborns. *Annals of Neurology*, *43*(2), 224–235. <https://doi.org/10.1002/ana.410430213>
- Jongbloed-Pereboom, M., Janssen, A. J. W. M., Steenbergen, B., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. G. (2012). Motor learning and working memory in children born preterm: A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(4), 1314–1330.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.005>
- Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Albiol-Perez, S. (2014). Augmented reality for the assessment of children's spatial memory in real settings. *PLoS ONE*, *9*(12), 1–26.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113751>

- Kail, R. (2002). Developmental change in proactive interference. *Child Development, 73*(6), 1703–1714. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00500>
- Kaufman, J., & Needham, A. (2011). Spatial expectations of young human infants, following passive movement. *Developmental Psychobiology, 53*(1), 23–36. <https://doi.org/10.1002/dev.20484>
- Keenan, T. (2002). Negative affect predicts performance on an object permanence task. *Developmental Science, 5*(1), 65–71. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00210>
- Kidokoro, H., Anderson, P. J., Doyle, L. W., Woodward, L. J., Neil, J. J., & Inder, T. E. (2014). Brain Injury and Altered Brain Growth in Preterm Infants: Predictors and Prognosis. *Pediatrics, 134*(2), e444–e453. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-2336>
- Kimura, K., Reichert, J. F., Olson, A., Pouya, O. R., Wang, X., Moussavi, Z., & Kelly, D. M. (2017). Orientation in Virtual Reality Does Not Fully Measure Up to the Real-World. *Scientific Reports, 7*(1), 18109. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18289-8>
- Klingberg, T. (2006). Development of a superior frontal-intraparietal network for visuo-spatial working memory. *Neuropsychologia, 44*(11), 2171–2177. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.11.019>
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Increased Brain Activity in Frontal and Parietal Cortex Underlies the Development of Visuospatial Working Memory Capacity during Childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1162/089892902317205276>
- Klojcnik, M., Kavcic, V., & Bakracevic Vukman, K. (2017). Relationship of Depression With Executive Functions and Visuospatial Memory in Elderly. *International Journal of Aging & Human Development, 85*(4), 490–503. <https://doi.org/10.1177/0091415017712186>
- Knutsson, U., Dahlgren, J., Marcus, C., Rosberg, S., Brönnegård, M., Stiernä, P., & Albertsson-Wikland, K. (1997). Circadian cortisol rhythms in healthy boys and girls: Relationship with age, growth, body composition, and pubertal development. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 82*(2), 536–540. <https://doi.org/10.1210/jc.82.2.536>
- Kohler, C. A., Carvalho, A. F., Alves, G. S., McIntyre, R. S., Hyphantis, T. N., & Cammarota, M. (2015). Autobiographical Memory Disturbances in Depression: A Novel Therapeutic Target? *Neural Plasticity, 2015*, 759139. <https://doi.org/10.1155/2015/759139>
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2009). La memoria. In *Neuropsicología humana* (5ª, pp. 447–482). Madrid: Médica Panamericana.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *NEPSY-II* (Second Ed; H. Assessment, Ed.). San Antonio, TX.
- Kruger, M. (2018). Three-Year-Olds Solved a Mental Rotation Task Above Chance Level, but No Linear Relation Concerning Reaction Time and Angular Disparity Presented Itself. *Frontiers in Psychology, 9*, 1796. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01796>
- Kukolja, J., Thiel, C. M., Wolf, O. T., & Fink, G. R. (2008). Increased cortisol levels in cognitively challenging situations are beneficial in young but not older subjects. *Psychopharmacology, 201*(2), 293–304. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1275-8>
- Kupfer, D. J., Rieger, D. A., Arango López, C., Ayuso-Mateos, J. L., Vieta Pascual, E., & Bagney Lifante, A. (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5a ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Lambert, F. R., Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2015). Improvement of allocentric spatial

- memory resolution in children from 2 to 4 years of age. *International Journal of Behavioral Development*, 39(4), 318–331. <https://doi.org/10.1177/0165025415584808>
- Lanfranchi, S., Carretti, B., Spanò, G., & Cornoldi, C. (2009). A specific deficit in visuospatial simultaneous working memory in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(5), 474–483. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2009.01165.x>
- Lavenex, P. B., Bostelmann, M., Brandner, C., Costanzo, F., Fragnière, E., Klencklen, G., ... Vicari, S. (2015). Allocentric spatial learning and memory deficits in Down syndrome. *Frontiers in Psychology*, 6(FEB), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00062>
- Learmonth, A. E., Nadel, L., & Newcombe, N. S. (2002). Children's use of landmarks: Implication for modularity theory. *Psychological Science*, 13(4), 337–341.
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2001). Toddlers' use of metric information and landmarks to reorient. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(3), 225–244. <https://doi.org/10.1006/jecp.2001.2635>
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., Sheridan, N., & Jones, M. (2008). Why size counts: Children's spatial reorientation in large and small enclosures. *Developmental Science*, 11(3), 414–426. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00686.x>
- Lee, I., Neil, J., Huettner, P. C., Smyser, C. D., Rogers, C. E., Shimony, J. S., ... Inder, T. E. (2014). The impact of prenatal and neonatal infection on neurodevelopmental outcomes in very preterm infants. *Journal of Perinatology*, 34(10), 741–747. <https://doi.org/10.1038/jp.2014.79>
- Lee, S. A., Sovrano, V. A., & Spelke, E. S. (2012). Navigation as a source of geometric knowledge: Young children's use of length, angle, distance, and direction in a reorientation task. *Cognition*, 123(1), 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.12.015>
- Lee, S. A., & Spelke, E. S. (2011). Young children reorient by computing layout geometry, not by matching images of the environment. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(1), 192–198. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0035-z>
- Lee, S. A., Winkler-Rhoades, N., & Spelke, E. S. (2012). Spontaneous Reorientation Is Guided by Perceived Surface Distance, Not by Image Matching Or Comparison. *PLoS ONE*, 7(12), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051373>
- Lejbak, L., Crossley, M., & Vrbancic, M. (2011). Brain and Cognition A male advantage for spatial and object but not verbal working memory using the n-back task. *Brain and Cognition*, 76(1), 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2010.12.002>
- Lemola, S., Oser, N., Urfer-maurer, N., Brand, S., Holsboer-, E., Bechtel, N., ... Datta, A. N. (2017). Effects of gestational age on brain volume and cognitive functions in generally healthy very preterm born children during school-age : A voxel-based morphometry study. *PLoS ONE*, 1–13.
- León, I., Cimadevilla, J. M., & Tascón, L. (2014). Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task. *Neuropsychology*, 28(4), 485–495. <https://doi.org/10.1037/neu0000054>
- León, I., Tascón, L., & Cimadevilla, J. M. (2016). Age and gender-related differences in a spatial memory task in humans. *Behavioural Brain Research*, 306, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.03.008>
- Leplow, B., Lehnung, M., Pohl, J., Herzog, A., Ferstl, R., & Mehdorn, M. (2003). Navigational place learning in children and young adults as assessed with a standardized locomotor search

- task. *British Journal of Psychology*, 94(Pt 3), 299–317.
<https://doi.org/10.1348/000712603767876244>
- Lew, A. R., Bremner, J. G., & Lefkovich, L. P. (2000). The development of relational landmark use in six- to twelve-month-old infants in a spatial orientation task. *Child Development*, 71(5), 1179–1190. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00222>
- Lew, A. R., Foster, K. A., & Bremner, J. G. (2006). Disorientation inhibits landmark use in 12-18-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 29(3), 334–341.
<https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.01.001>
- Li, G., Nie, J., Wang, L., Shi, F., Lin, W., Gilmore, J. H., & Shen, D. (2013). Mapping region-specific longitudinal cortical surface expansion from birth to 2 years of age. *Cerebral Cortex*, 23(11), 2724–2733. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs265>
- Li, R. (2014). Why women see differently from the way men see? A review of sex differences in cognition and sports. *Journal of Sport and Health Science*, 3(3), 155–162.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.012>
- Li, Y., & Geary, D. C. (2013). Developmental Gains in Visuospatial Memory Predict Gains in Mathematics Achievement. *PLoS ONE*, 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070160>
- Li, Y., & Geary, D. C. (2017). Children’s visuospatial memory predicts mathematics achievement through early adolescence. *PloS One*, 12(2), e0172046.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172046>
- Lim, P. H., Wert, S. L., Tunc-Ozcan, E., Marr, R., Ferreira, A., & Redei, E. E. (2018). Premature hippocampus-dependent memory decline in middle-aged females of a genetic rat model of depression. *Behavioural Brain Research*, 353, 242–249.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.02.030>
- Loe, I. M., Chatav, M., & Alduncin, N. (2015). Complementary assessments of executive function in preterm and full-term preschoolers. *Child Neuropsychology : A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 21(3), 331–353.
<https://doi.org/10.1080/09297049.2014.906568>
- Loring-Meier, S., & Halpern, D. F. (1999). Sex differences in visuospatial working memory : Components of cognitive processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(3), 464–471.
- Lourenco, S. F., Addy, D., & Huttenlocher, J. (2009). Location representation in enclosed spaces: What types of information afford young children an advantage? *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(3), 313–325. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.05.007>
- Lourenco, S. F., & Cabrera, J. (2015). The potentiation of geometry by features in human children: Evidence against modularity in the domain of navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.007>
- Lowe, J., Maclean, P. C., Shaffer, M. L., & Watterberg, K. (2009). Early Working Memory in Children Born With Extremely Low Birth Weight: Assessed by Object Permanence. *Journal of Child Neurology*, 24(4), 410–415.
- Lozano Gallego, M., Hernández Ferrándiz, M., Turró Garriga, O., Pericot Nierga, I., López-pousa, S., & Vilalta, J. (2009). Validación del Montreal Cognitive Assessment (MoCA): test de cribado para el deterioro cognitivo leve . Datos preliminares. *Alzheimer. Real Invest Demenc.*, 43(April 2016), 4–11.
- Lundequist, A., Böhm, B., & Smedler, A. C. (2013). Individual neuropsychological profiles at age 51/2 years in children born preterm in relation to medical risk factors. *Child*

- Neuropsychology*, 19(3), 313–331. <https://doi.org/10.1080/09297049.2011.653331>
- Lynn, R., & Irwing, P. (2008). *Sex differences in mental arithmetic , digit span , and g defined as working memory capacity*. 36, 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2007.06.002>
- Maguire, E. A., Frith, C. D., Burgess, N., Donnett, J. G., & O’Keefe, J. (1998). Knowing Where Things Are: Parahippocampal Involvement in Encoding Object Locations in Virtual Large-Scale Space. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(1), 61–76. <https://doi.org/10.1162/089892998563789>
- Maguire, E. A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2007). London taxi drivers and bus drivers: A structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*, 17(9), 801–812. <https://doi.org/10.1002/hipo>
- Mandolesi, L., Petrosini, L., Menghini, D., Addona, F., & Vicari, S. (2009). Children’ s radial arm maze performance as a function of age and sex. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 27(8), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2009.08.010>
- Mangin, K. S., Horwood, L. J., & Woodward, L. J. (2017). Cognitive Development Trajectories of Very Preterm and Typically Developing Children. *Child Development*, 88(1), 282–298. <https://doi.org/10.1111/cdev.12585>
- Matthews, A., Ellis, A. E., & Nelson, C. A. (1996). Development of Preterm and Full-Term Infant Ability on AB , Recall Memory , Transparent Barrier Detour , and Means-End Tasks. *Child Development*, 67, 2658–2676.
- Mayes, L., Snyder, P. J., Langlois, E., & Hunter, N. (2007). Visuospatial working memory in school-aged children exposed in utero to cocaine. *Child Neuropsychology*, 13(3), 205–218. <https://doi.org/10.1080/09297040600888753>
- McCartney, K., & Phillips, D. (2008). Blackwell Handbook of Early Childhood Development. In *Blackwell Handbook of Early Childhood Development*. <https://doi.org/10.1002/9780470757703>
- McDonald, S. D., Han, Z., Mulla, S., Murphy, K. E., Beyene, J., & Ohlsson, A. (2009). Preterm birth and low birth weight among in vitro fertilization singletons: A systematic review and meta-analyses. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 146(2), 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2009.05.035>
- McEwen, B. S., & Sapolsky, R. M. (1995). Stress and cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology*, 5(2), 205–216. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(95\)80028-X](https://doi.org/10.1016/0959-4388(95)80028-X)
- McFarland, C. P., & Vasterling, J. J. (2018). Prospective Memory in Depression: Review of an Emerging Field. *Archives of Clinical Neuropsychology : The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 33(7), 912–930. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx118>
- Meissner, T. W., Nordt, M., & Weigelt, S. (2019). Prolonged functional development of the parahippocampal place area and occipital place area. *NeuroImage*, 191(October 2018), 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.02.025>
- Melhuish, E., Quinn, L., Sylvia, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., & McCrory, M. (2001). *Social/Behavioural and Cognitive Development At 3–4 Years in Relation To Family Background*. Belfast, Northern Ireland: The Stranmillis Press.
- Ment, L. R., Kesler, S., Vohr, B., Katz, K. H., Baumgartner, H., Schneider, K. C., ... Reiss, A. L. (2009). Longitudinal Brain Volume Changes in Preterm and Term Control Subjects During Late Childhood and Adolescence. *Pediatrics*, 123(2), 503–511. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-0025>. Longitudinal

- Merrill, E. C., Yang, Y., Roskos, B., Steele, S., & Farran, E. K. (2016). Sex Differences in Using Spatial and Verbal Abilities Influence Route Learning Performance in a Virtual Environment : A Comparison of 6- to 12-Year Old Boys and Girls. *Frontiers in Psychology, 7*(February), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00258>
- Meulenbroek, O., Petersson, K. M., Voermans, N., Weber, B., & Fernández, G. (2004). Age differences in neural correlates of route encoding and route recognition. *NeuroImage, 22*(4), 1503–1514. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.04.007>
- Meyer, T., Smeets, T., Giesbrecht, T., Quaedflieg, C. W. E. M., Meyer, T., Smeets, T., ... Merckelbach, H. (2013). Acute stress differentially affects spatial configuration learning in high and low cortisol- responding healthy adults. *European Journal of Psychotraumatology, 4*(1), 19854.
- Miller, W. L. (2018). The Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis: A Brief History. *Hormone Research in Paediatrics, 89*(4), 212–223. <https://doi.org/10.1159/000487755>
- Miranda-Herrero, M. C., Pascual-Pascual, S. I., Barredo-Valderrama, E., Vázquez-López, M., & de Castro-De Castro, P. (2014). Funciones visuoespaciales y prematuridad. *Revista de Neurología, 59*(9), 411–418.
- Mitha, A., Foix-L'Hélias, L., Arnaud, C., Marret, S., Vieux, R., Aujard, Y., ... Ancel, P.-Y. (2013). Neonatal Infection and 5-year Neurodevelopmental Outcome of Very Preterm Infants. *Pediatrics, 132*(2), e372–e380. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-3979>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moffat, S. D. (2009). Aging and spatial navigation: What do we know and where do we go? *Neuropsychology Review, 19*(4), 478–489. <https://doi.org/10.1007/s11065-009-9120-3>
- Moffat, S. D., Elkins, W., & Resnick, S. M. (2006). Age differences in the neural systems supporting human allocentric spatial navigation. *Neurobiology of Aging, 27*(7), 965–972. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2005.05.011>
- Moffat, S. D., & Resnick, S. M. (2002). Effects of age on virtual environment place navigation and allocentric cognitive mapping. *Behavioral Neuroscience, 116*(5), 851–859.
- Moulinet, A. R., Chochina, L., Leplaideur, S. C., Bannier, E., Ferre, J.-C., & Bonan, I. (2016). Cortical activity and egocentric representation: An fMRI study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 59*, e70. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.07.162>
- Muffato, V., Meneghetti, C., & De Beni, R. (2016). Not all is lost in older adults' route learning: The role of visuo-spatial abilities and type of task. *Journal of Environmental Psychology, 47*, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.07.003>
- Mukerji, A., Shah, V., & Shah, P. S. (2015). Periventricular/Intraventricular Hemorrhage and Neurodevelopmental Outcomes: A Meta-analysis. *Pediatrics, 136*(6), 1132–1143. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-0944>
- Munakata, Y., Morton, J. B., & Yerys, B. E. (2003). Children's perseveration: Attentional inertia and alternative accounts. *Developmental Science, 6*(5), 471–473. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00302>
- Munar Roca, E., Mir Rossello, J., Cela-Conde, C. J., Marty Broquet, G. M., & Nadal Roberts, M. (2007). Percepción. In F. Maestú, M. Ríos Lago, & R. Cabestrero (Eds.), *Neuroimagen*.

- Técnicas y procesos cognitivos*. <https://doi.org/10.1016/B978-84-458-1776-6.50014-9>
- Mürner-Lavanchy, I., Ritter, B. C., Spencer-Smith, M. M., Perrig, W. J., Schroth, G., Steinlin, M., & Everts, R. (2014). Visuospatial working memory in very preterm and term born children—Impact of age and performance. *Developmental Cognitive Neuroscience, 9*, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.02.004>
- Mürner-Lavanchy, I., Rummel, C., Steinlin, M., & Everts, R. (2018a). Cortical morphometry and cognition in very preterm and term-born children at early school age. *Early Human Development, 116*(November 2017), 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.11.003>
- Mürner-Lavanchy, I., Rummel, C., Steinlin, M., & Everts, R. (2018b). Cortical morphometry and cognition in very preterm and term-born children at early school age. *Early Human Development, 116*(June 2017), 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.11.003>
- Nagy, Z., Lagercrantz, H., & Hutton, C. (2011). Effects of preterm birth on cortical thickness measured in adolescence. *Cerebral Cortex, 21*(2), 300–306. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq095>
- Nagy, Z., Westerberg, H., Skare, S., Andersson, J. L., Lilja, A., Flodmark, O., ... Klingberg, T. (2003). Preterm Children Have Disturbances of White Matter at 11 Years of Age as Shown by Diffusion Tensor Imaging. *Pediatric Research, 54*(5), 672–679. <https://doi.org/10.1203/01.PDR.0000084083.71422.16>
- Nam, K. W., Castellanos, N., Simmons, A., Froudust-Walsh, S., Allin, M. P., Walshe, M., ... Nosarti, C. (2015). Alterations in cortical thickness development in preterm-born individuals: Implications for high-order cognitive functions. *NeuroImage, 115*, 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.04.015>
- Nardini, M., Atkinson, J., & Burgess, N. (2008). Children reorient using the left/right sense of coloured landmarks at 18-24 months. *Cognition, 106*(1), 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.02.007>
- Nardini, M., Burgess, N., Breckenridge, K., & Atkinson, J. (2006). Differential developmental trajectories for egocentric, environmental and intrinsic frames of reference in spatial memory. *Cognition, 101*(1), 153–172. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.09.005>
- Nardini, M., Jones, P., Bedford, R., & Braddick, O. (2008). Development of Cue Integration in Human Navigation. *Current Biology, 18*(9), 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.021>
- Nasreddine, Z., Phillips, N., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society, 53*(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Nazareth, A., Huang, X., Voyer, D., & Newcombe, N. S. (2019). A Meta-analysis of Sex Differences in Human Navigation Skills. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Negen, J., Heywood-Everett, E., Roome, H. E., & Nardini, M. (2018). Development of allocentric spatial recall from new viewpoints in virtual reality. *Developmental Science, 21*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/desc.12496>
- Neggers, S. F. W., Lubbe, R. H. J. Van Der, Ramsey, N. F., & Postma, A. (2006). *Interactions between ego- and allocentric neuronal representations of space*. 31, 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.028>

- Nemmi, F., Bianchini, F., Piras, F., Péran, P., Palermo, L., Piccardi, L., ... Guariglia, C. (2015). Finding my own way : an fMRI single case study of a subject with developmental topographical disorientation. *Neurocase: The Neural Basis of Cognition*, *21*(5), 573–583. <https://doi.org/10.1080/13554794.2014.960424>
- Nemmi, F., Boccia, M., & Guariglia, C. (2017). Does aging affect the formation of new topographical memories? Evidence from an extensive spatial training. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, *24*(1), 29–44. <https://doi.org/10.1080/13825585.2016.1167162>
- Newbury, J., Klee, T., Stokes, S., & Moran, C. (2016). Interrelations between working memory, processing speed and language development in the age range 2-4 years. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *Oct 1;59*(5), 1146–1158. <https://doi.org/10.1044/2016>
- Newcombe, N., Huttenlocher, J., Drummey, A. B., & Wiley, J. G. (1998). The development of spatial location coding: Place learning and dead reckoning in the second and third years. *Cognitive Development*, *13*(2), 185–200. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90038-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90038-7)
- Newcombe, N. S., Ratliff, K. R., Shallcross, W. L., & Twyman, A. D. (2010). Young children’s use of features to reorient is more than just associative: Further evidence against a modular view of spatial processing. *Developmental Science*, *13*(1), 213–220. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00877.x>
- Nori, R., Piccardi, L., Maialetti, A., Goro, M., Rossetti, A., Argento, O., & Guariglia, C. (2018). No gender differences in egocentric and allocentric environmental transformation after compensating for male advantage by manipulating familiarity. *Frontiers in Neuroscience*, *12*(MAR), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00204>
- Nosarti, C., Walshe, M., Rushe, T. M., Rifkin, L., Wyatt, J., Murray, R. M., & Allin, M. P. (2011). Neonatal Ultrasound Results Following Very Preterm Birth Predict Adolescent Behavioral and Cognitive Outcome. *Developmental Neuropsychology*, *36*(1), 118–135. <https://doi.org/10.1080/87565641.2011.540546>
- Nosarti, C., Allin, M. P., Frangou, S., Rifkin, L., & Murray, R. M. (2005). *Hyperactivity in Adolescents Born Very Preterm Is Associated with Decreased Caudate Volume. C.* <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.12.003>
- Nunes, M. M., Honjo, R. S., Dutra, R. L., Amaral, V. S., Amaral, V. A. S., Oh, H. K., ... Teixeira, M. C. T. V. (2013). Assessment of intellectual and visuo-spatial abilities in children and adults with Williams syndrome. *Universitas Psychologica*, *12*(2), 581–589. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.UPSY12-2.aiva>
- O’Keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map . Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research*, *34*(1), 171–175.
- O’Keefe, J., Nadel, & Lynn. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Oakes, L. M., Hurley, K. B., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2011). Developmental changes in infants’ visual short-term memory for location. *Cognition*, *118*(3), 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.007>.Developmental
- Oberer, N., Gashaj, V., & Roebers, C. M. (2017). Motor skills in kindergarten: Internal structure, cognitive correlates and relationships to background variables. *Human Movement Science*, *52*, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.02.002>
- Omizzolo, C., Scratch, S. E., Stargatt, R., Kidokoro, H., Thompson, D. K., Lee, K. J., ... Anderson, P. J. (2014). Neonatal Brain Abnormalities and Memory and Learning Outcomes at 7 Years in Children Born Very Preterm. *Memory*, *22*(6), 605–615.

- <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.809765>
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Nacidos Demasiado Pronto. Informe de Acción Global sobre Nacimientos Prematuros*. 12. <https://doi.org/31-2582-12>
- Osborn, D. A., Paradisis, M., & Evans, N. J. (2007). The effect of inotropes on morbidity and mortality in preterm infants with low systemic or organ blood flow. *Cochrane Database of Systematic Review*, (1). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005090.pub2>. Copyright
- Overman, W. H., Pate, B. J., Moore, K., & Peleuster, A. (1996). Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze. *Behavioral Neuroscience*, 110(6), 1205–1228. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.110.6.1205>
- Palermo, L., Foti, F., Ferlazzo, F., Guariglia, C., & Petrosini, L. (2014). I Find My Way in a Maze But Not in My Own Territory ! Navigational Processing in Developmental Topographical Disorientation. *Neuropsychology*, 28(1), 135–146. <https://doi.org/10.1037/neu0000021>
- Palermo, L., Piccardi, L., Bianchini, F., Nemmi, F., Incoccia, C., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2014). Looking for the compass in a case of developmental topographical disorientation : A behavioral and neuroimaging study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, (April), 37–41. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.904843>
- Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1999). The role of distinct components of visuo-spatial working memory in the processing of texts. *Memory (Hove, England)*, 7(1), 19–41. <https://doi.org/10.1080/741943715>
- Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology*, 40(5), 836–851. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.836>
- Pentland, L. M., Anderson, V. A., Dye, S., & Wood, S. J. (2003). The Nine Box Maze Test: A measure of spatial memory development in children. *Brain and Cognition*, 52(2), 144–154. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00079-4)
- Persson, J., Herlitz, A., Engman, J., Morell, A., Sjölie, D., Wikström, J., & Söderlund, H. (2013). Remembering our origin: Gender differences in spatial memory are reflected in gender differences in hippocampal lateralization. *Behavioural Brain Research*, 256, 219–228. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.07.050>
- Piaget, J. (1954). The construction of reality in the child. (M. Cook, Ed.). *The Construction of Reality in the Child*, pp. xiii, 386–xiii, 386. <https://doi.org/10.1037/11168-000>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). *A child's conception of space* (F. J. Langdon & J. . Lunzer, Eds.). New York: Norton.
- Piccardi, L., Palermo, L., Leonzi, M., Riseti, M., Zompanti, L., Damico, S., & Guariglia, C. (2014). The walking corsi test (WalCT): A normative study of topographical working memory in a sample of 4-to 11-Year-Olds. *Clinical Neuropsychologist*, 28(1), 84–96. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.863976>
- Piccardi, Laura, Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2008). Walking in the Corsi test : Which type of memory do you need ? *Neuroscience Letters*, 432, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.12.044>
- Piccardi, Laura, Leonzi, M., D'Amico, S., Marano, A., & Guariglia, C. (2014). Development of navigational working memory: Evidence from 6- to 10-year-old children. *British Journal of Developmental Psychology*, 32(2), 205–217. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12036>

- Pievsky, M. A., & McGrath, R. E. (2018). The Neurocognitive Profile of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Review of Meta-Analyses. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 33(2), 143–157. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx055>
- Piper, B. J., Acevedo, S. F., Edwards, K. R., Curtiss, A. B., McGinnis, G. J., & Raber, J. (2011). Age, sex, and handedness differentially contribute to neurospatial function on the Memory Island and Novel-Image Novel-Location tests. *Physiology and Behavior*, 103(5), 513–522. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.03.024>
- Potijk, M. R., De Winter, A. F., Bos, A. F., Kerstjens, J. M., & Reijneveld, S. A. (2012). Higher rates of behavioural and emotional problems at preschool age in children born moderately preterm. *Archives of Disease in Childhood*, 97(2), 112–117. <https://doi.org/10.1136/adc.2011.300131>
- Pruessner, M., Pruessner, J. C., Hellhammer, D. H., Bruce Pike, G., & Lupien, S. J. (2007). The associations among hippocampal volume, cortisol reactivity, and memory performance in healthy young men. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 155(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2006.12.007>
- Ramos Martín, J. M., García Sancho, José, M., Cachero Sanz, P., Vara Arias, M. T., & Iturria Matamala, B. (2009). Child Temperament and Development Quotient in Early Prevention. *Clínica y Salud*, 20(1), 67–78.
- Ramsaran, A. I., Schlichting, M. L., & Frankland, P. W. (2018). The ontogeny of memory persistence and specificity. *Developmental Cognitive Neuroscience*, (July), 100591. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.09.002>
- Rand, K. M., Austin, N. C., Inder, T. E., Bora, S., & Woodward, L. J. (2016). Neonatal Infection and Later Neurodevelopmental Risk in the Very Preterm Infant. *Journal of Pediatrics*, 170, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.11.017>
- Raz, N., & Rodrigue, K. M. (2006). Differential aging of the brain: Patterns, cognitive correlates and modifiers. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(6), 730–748. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.07.001>
- Raz, S., Piercy, J. C., Heitzer, A. M., Peters, B. N., Newman, J. B., Debastos, A. K., ... Batton, D. G. (2016). Neuropsychological Functioning in Preterm-Born Twins and Singletons at Preschool Age. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22(9), 865–877. <https://doi.org/10.1017/S1355617716000758>
- Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (2003). *RIAS (Reynolds Intellectual Assessment Scales) and the RIST (Reynolds Intellectual Screening Test). Professional Manual*. Florida: Psychological Assessment Resources.
- Reynolds, G. D., Courage, M. L., & Richards, J. E. (2010). Infant Attention and Visual Preferences: Converging Evidence From Behavior, Event-Related Potentials, and Cortical Source Localization. *Developmental Psychology*, 46(4), 886–904. <https://doi.org/10.1038/nrm2621>
- Reynolds, G. D., & Romano, A. C. (2016). The Development of Attention Systems and Working Memory in Infancy. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10(March), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00015>
- Reznick, J. S., Fueser, J. J., & Bosquet, M. (1998). Self-corrected reaching in a three-location delayed-respond search task. *Psychological Science*, 9(1), 66–70.
- Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy*, 6(1), 145–154. https://doi.org/10.1207/s15327078in0601_7

- Ribordy, F., Jabès, A., Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2013). Development of allocentric spatial memory abilities in children from 18 months to 5 years of age. *Cognitive Psychology*, *66*(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.08.001>
- Ribordy Lambert, F., Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2017). The “when” and the “where” of single-trial allocentric spatial memory performance in young children: Insights into the development of episodic memory. *Developmental Psychobiology*, *59*(2), 185–196. <https://doi.org/10.1002/dev.21479>
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L., & Rabbitt, P. (1994). Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): a factor analytic study of a large sample of normal elderly volunteers. *Dementia (Basel, Switzerland)*, *5*(5), 266–281.
- Rodgers, M. K., Sindone III, J. A., & Moffat, S. D. (2012). Effects of age on navigation strategy. *Neurobiology of Aging*, *33*(1), 202.e15–202.e22. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2010.07.021>
- Rodriguez-Andres, D., Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Lluch, J. (2016). MnemoCity task: Assessment of childrens spatial memory using stereoscopy and virtual environments. *PLoS ONE*, *11*(8), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161858>
- Rodriguez-Andres, D., Mendez-Lopez, M., Juan, M. C., & Perez-Hernandez, E. (2018). A virtual object-location task for children: Gender and videogame experience influence navigation; age impacts memory and completion time. *Frontiers in Psychology*, *9*(APR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00451>
- Roid, G. H., & Sampers, J. L. (2011). *Merrill-Palmer-Revised Scales*. Madrid: TEA Ediciones.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2001). Visual short-term memory in the first year of life: capacity and recency effects. *Developmental Psychology*, *37*(4), 539–549. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.4.539>
- Roselli, M. (2015). Desarrollo neuropsicológico de las habilidades visoespaciales y visoconstruccionales. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, *15*(1), 175–200.
- Rosenbaum, R. S., Winocur, G., Binns, M. A., & Moscovitch, M. (2012). Remote spatial memory in aging: All is not lost. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *4*(SEP), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00025>
- Ross-sheehy, S., Oakes, L. M., & Luck, S. J. (2003). The Development of Visual Short-Term Memory Capacity in Infants. *Child Development*, *74*(6), 1807–1822.
- Ross-sheehy, S., Oakes, L. M., & Luck, S. J. (2011). Exogenous attention influences visual short-term memory in infants. *Developmental Science*, *14*(3), 490–501. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00992.x>. Exogenous
- Roze, E., Van Braeckel, K. N. J. A., van der Veere, C. N., Maathuis, C. G. B., Martijn, A., & Bos, A. F. (2009). Functional outcome at school age of preterm infants with periventricular hemorrhagic infarction. *Pediatrics*, *123*(6), 1493–1500.
- Ruggiero, G., D’Errico, O., & Iachini, T. (2016). Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age. *Psychological Research*, *80*(2), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>
- Saavalainen, P., Luoma, L., Bowler, D., Määttä, S., Kiviniemi, V., Laukkanen, E., & Herrgård, E. (2007). Spatial span in very prematurely born adolescents. *Developmental Neuropsychology*, *32*(3), 769–785. <https://doi.org/10.1080/87565640701539535>

- Saj, A., Cojan, Y., Musel, B., Honoré, J., Borel, L., & Vuilleumier, P. (2014). Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.135>
- Sajaniemi, N., Hakamies-Blomqvist, L., Mäkelä, J., Avellan, A., Rita, H., & von Wendt, L. (2001). Cognitive development, temperament and behavior at 2 years as indicative of language development at 4 years in pre-term infants. *Child Psychiatry and Human Development*, 31(4), 329–346. <https://doi.org/10.1023/A>
- Sanchez-Joya, M. del M., Sanchez-Labraca, N., Roldan-Tapia, M. D., Moral Rodríguez, T., Ramos Lizana, J., & Roman, P. (2017). Neuropsychological assessment and perinatal risk: A study amongst very premature born 4- and 5-year old children. *Research in Developmental Disabilities*, 69(March), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.08.008>
- Sandstrom, N. J., Kaufman, J., & A. Huettel, S. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research*, 6(4), 351–360. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(98\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(98)00002-0)
- Sansavini, A., Guarini, A., Alessandrini, R., Faldella, G., Giovanelli, G., & Salvioli, G. (2007). Are early grammatical and phonological working memory abilities affected by preterm birth? *Journal of Communication Disorders*, 40(3), 239–256. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.009>
- Santos, A., Duret, M., Mancini, J., Gire, C., & Deruelle, C. (2009). Preterm birth affects dorsal-stream functioning even after age 6. *Brain and Cognition*, 69(3), 490–494. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.10.005>
- Saridjan, N. S., Henrichs, J., Schenk, J. J., Jaddoe, V. W. V., Hofman, A., Kirschbaum, C., ... Tiemeier, H. (2014). Diurnal cortisol rhythm and cognitive functioning in toddlers: The Generation R Study. *Child Neuropsychology*, 20(2), 210–229. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.763921>
- Saucier, D. M., Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., Macfadden, A., Bell, S., & Elias, L. J. (2002). Are Sex Differences in Navigation Caused by Sexually Dimorphic Strategies or by Differences in the Ability to Use the Strategies? *Behavioral Neuroscience*, 116(3), 403–410. <https://doi.org/10.1037//0735-7044.116.3.403>
- Schmuckler, M. A., & Jewell, S. (2007). The effect of simulated self versus object movement in a nonsearch task. *Infancy*, 11(3), 305–320. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7078.2007.tb00229.x>
- Schmuckler, M. A., & Tsang-Tong, H. Y. (2000). The role of visual and body movement information in infant search. *Developmental Psychology*, 36(4), 499–510. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.36.4.499>
- Schnapp, C., Sepúlveda, E., & Robert, J. A. (2014). Operación cesárea. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(6), 987–992. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(14\)70648-0](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70648-0)
- Schroder, M. D., Snyder, P. J., Sielski, I., & Mayes, L. (2004). Impaired performance of children exposed in utero to cocaine on a novel test of visuospatial working memory. *Brain and Cognition*, 55(2), 409–412. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.062>
- Schuck, N. W., Doeller, C. F., Polk, T. A., Lindenberger, U., & Li, S.-C. (2015). Human aging alters the neural computation and representation of space. *NeuroImage*, 117, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.031>
- Schutte, A. R., & Spencer, J. P. (2002). Generalizing the dynamic field theory of the A-not-B error beyond infancy: Three-year-olds' delay- and experience-dependent location memory

- biases. *Child Development*, 73(2), 377–404. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00413>
- Schwabe, L., Oitzl, M. S., Philippson, C., Richter, S., Bohringer, A., Wippich, W., & Schachinger, H. (2007). Stress modulates the use of spatial versus stimulus-response learning strategies in humans. *Learning & Memory*, 14(1–2), 109–116. <https://doi.org/10.1101/lm.435807>
- Schwabe, Lars, Oitzl, M. S., Richter, S., & Schächinger, H. (2009). Modulation of spatial and stimulus-response learning strategies by exogenous cortisol in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 34(3), 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.09.018>
- Semrud-Clikeman, M. (2007). Functional neuroanatomy. In P. A. T. Ellison & M. Semrud-Clikeman (Eds.), *Child Neuropsychology. Assessment and interventions for neurodevelopmental disorders* (pp. 15–50). Springer International Publishing.
- Semrud-Clikeman, M., & Teeter Ellison, P. A. (2007). *Child neuropsychology. Assessment and interventions for neurodevelopmental disorders* (Second Edi). Springer International Publishing.
- Shah, D. S., Prados, J., Gamble, J., De Lillo, C., & Gibson, C. L. (2013). Sex differences in spatial memory using serial and search tasks. *Behavioural Brain Research*, 257, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.09.027>
- Shipstead, Z., Harrison, T. L., & Engle, R. W. (2016). Working Memory Capacity and Fluid Intelligence : Maintenance and Disengagement. *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 771–799. <https://doi.org/10.1177/1745691616650647>
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development & behavior* (pp. 9–55). New York: Academy Press.
- Smith, A. D., Gilchrist, I. D., Cater, K., Ikram, N., Nott, K., & Hood, B. M. (2008). Reorientation in the real world: The development of landmark use and integration in a natural environment. *Cognition*, 107(3), 1102–1111. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.10.008>
- Smith, S. M., & Vale, W. W. (2006). The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 8(4), 383–395.
- Soll, R. (1998). Synthetic surfactant for respiratory distress syndrome in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001149>. Copyright
- Sorrentino, P., Lardone, A., Pesoli, M., Liparoti, M., Montouri, S., Curcio, G., ... Foti, F. (2019). The Development of Spatial Memory Analyzed by Means of Ecological Walking Task. *Frontiers in Psychology*, 10(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00728>
- Spencer-Smith, M., Ritter, B. C., Mürner-Lavanchy, I., El-Koussy, M., Steinlin, M., & Everts, R. (2013). Age, Sex, and Performance Influence the Visuospatial Working Memory Network in Childhood. *Developmental Neuropsychology*, 38(4), 236–255. <https://doi.org/10.1080/87565641.2013.784321>
- Spencer, J. P., Smith, L. B., & Thelen, E. (2001). Tests of a Dynamic Systems Account of the A-not-B Error: The Influence of Prior Experience on the Spatial Memory Abilities of Two-Year-Olds. *Child Development*, 72(5), 1327–1346. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00351>
- Spinillo, A., Montanari, L., Gardella, B., Roccio, M., Stronati, M., & Fazzi, E. (2009). Infant sex, obstetric risk factors, and 2-year neurodevelopmental outcome among preterm infants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(7), 518–525.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03273.x>

- Stoll, B. J., Hansen, N. I., Adams-Chapman, I., Fanaroff, A. A., Hintz, S. R., & Vohr, B. (2004). Neurodevelopmental and growth impairment among extremely low-birth-weight infants with neonatal infection. *Journal of the American Medical Association*, *292*(19), 2357–2365.
- Sullivan-Pyke, C. S., Senapati, S., Mainigi, M. A., & Barnhart, K. T. (2017). In Vitro fertilization and adverse obstetric and perinatal outcomes. *Seminars in Perinatology*, *41*(6), 345–353. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2017.07.001>
- Sun, J., Mohay, H., & Callaghan, M. O. (2009). A comparison of executive function in very preterm and term infants at 8 months corrected age. *Early Human Development*, *85*(4), 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.10.005>
- Suor, J. H., Stuge-Apple, M., Davies, P. T., & Cicchetti, D. (2017). A life history approach to delineating how harsh environments and hawk temperament trains differentially shape children’s problem-solving skills. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *58*(8), 902–909. <https://doi.org/10.1126/science.1249098.Sleep>
- Tamnes, C. K., Bos, M. G. N., van de Kamp, F. C., Peters, S., & Crone, E. A. (2018). Longitudinal development of hippocampal subregions from childhood to adulthood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *30*(November 2017), 212–222. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.03.009>
- Tamnes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., ... Mills, K. L. (2017). Development of the cerebral cortex across adolescence: A multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *Journal of Neuroscience*, *37*(12), 3402–3412. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3302-16.2017>
- Tascón, L., Castillo, J., León, I., & Cimadevilla, J. M. (2018). Walking and non-walking space in an equivalent virtual reality task: Sexual dimorphism and aging decline of spatial abilities. *Behavioural Brain Research*, *347*(February), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.03.022>
- Tascón, L., García-Moreno, L. M., & Cimadevilla, J. M. (2017). Almeria Spatial Memory Recognition Test (ASMRT): Gender differences emerged in a new passive spatial task. *Neuroscience Letters*, *651*, 188–191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.05.011>
- Taube, J. S. (1995). Head direction cells recorded in the anterior thalamic nuclei of freely moving rats. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *15*(1 Pt 1), 70–86.
- Teffer, K., & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex. Evolution, development, and pathology. In *Progress in Brain Research* (1st ed., Vol. 195). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00009-X>
- Tinelli, F., Bulgheroni, S., Mazzotti, S., Vago, C., Groppo, M., Teresa, R., ... Cioni, G. (2014). Ventral stream sensitivity in “ healthy ” preterm-born adolescents : Psychophysical and neuropsychological evaluation. *Early Human Development*, *90*(1), 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2013.10.006>
- Tokarijev, M., Vuontela, V., Lönnberg, P., Lano, A., Perkola, J., Wolford, E., ... Carlson, S. (2019). Altered working memory-related brain responses and white matter microstructure in extremely preterm-born children at school age. *Brain and Cognition*, *136*(July), 103615. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103615>
- Törnhaage, C. J., & Alfvén, G. (2006). Diurnal salivary cortisol concentration in school-aged

- children: Increased morning cortisol concentration and total cortisol concentration negatively correlated to body mass index in children with recurrent abdominal pain of psychosomatic origin. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 19(6), 843–854. <https://doi.org/10.1515/JPEM.2006.19.6.843>
- Trivedi, A., Walker, K., Loughran-Fowlds, A., Halliday, R., J A Holland, A., & Badawi, N. (2015). The impact of surgery on the developmental status of late preterm infants - a cohort study. *Journal of Neonatal Surgery*, 4(1), 2.
- Tsai, C.-L., Chang, Y.-K., Hung, T.-M., Tseng, Y.-T., & Chen, T.-C. (2012). The neurophysiological performance of visuospatial working memory in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(12), 1114–1120. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04408.x>
- Turpeinen, U., & Hämäläinen, E. (2013). Determination of cortisol in serum, saliva and urine. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*, 27(6), 795–801. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2013.10.008>
- Twilhaar, E. S., De Kieviet, J. F., Aarnoudse-Moens, C. S. H., Van Elburg, R. M., & Oosterlaan, J. (2017). Academic performance of children born preterm: A meta-analysis and meta-regression. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, 322–330. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312916>
- Urban, S., Jonge, L. V. H. De, Barisnikov, K., Pizzo, R., Monnier, M., Lazeyras, F., ... Hüppi, P. S. (2015). Gestational age and gender influence on executive control and its related neural structures in preterm-born children at 6 years of age. *Child Neuropsychology*, 7049(June 2016), 0–20. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1099619>
- Vallar, G., Lobel, E., Galati, G., Berthoz, A., Pizzamiglio, L., & Le Bihan, D. (1999). A fronto-parietal system for computing the egocentric spatial frame of reference in humans. *Experimental Brain Research*, 124(3), 281–286. <https://doi.org/10.1007/s002210050624>
- van den Brink, D., & Janzen, G. (2013). Visual spatial cue use for guiding orientation in two-to-three-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00904>
- van der Ree, M., Tanis, J. C., Van Braeckel, K. N. J. A., Bos, A. F., & Roze, E. (2011). Functional impairments at school age of preterm born children with late-onset sepsis. *Early Human Development*, 87(12), 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.06.008>
- van Gerven, D. J. H., Schneider, A. N., Wuitchik, D. M., & Skelton, R. W. (2012). Direct measurement of spontaneous strategy selection in a virtual morris water maze shows females choose an allocentric strategy at least as often as males do. *Behavioral Neuroscience*, 126(3), 465–478. <https://doi.org/10.1037/a0027992>
- van Veen, S., van Wassenae-Leemhuis, A. G., van Kaam, A. H., Oosterlaan, J., & Aarnoudse-Moens, C. S. H. (2019). Visual perceptible skills account for very preterm children's mathematical difficulties in preschool. *Early Human Development*, 129(October 2018), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2018.12.018>
- Vander Heyden, K. M., Huizinga, M., Raijmakers, M. E. J., & Jolles, J. (2017). Children's representations of another person's spatial perspective: Different strategies for different viewpoints? *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.09.001>
- Verde, P., Piccardi, L., Bianchini, F., Guariglia, C., Carrozzo, P., Morgagni, F., ... Tomao, E. (2015). Gender differences in navigational memory: pilots vs. nonpilots. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 86(2), 103–111. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4024.2015>

- Verhagen, E. A., Van Braeckel, K. N. J. A., van der Veere, C. N., Groen, H., Dijk, P. H., Hulzebos, C. V., & Bos, A. F. (2015). Cerebral oxygenation is associated with neurodevelopmental outcome of preterm children at age 2 to 3 years. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *57*(5), 449–455. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12622>
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2003). Visual and spatial working memory dissociation: Evidence from Williams syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *45*(4), 269–273. <https://doi.org/10.1017/S0012162203000513>
- Vicari, S., Caravale, B., Carlesimo, G. A., Casadei, A. M., & Allemand, F. (2004). Spatial working memory deficits in children at ages 3-4 who were low birth weight, preterm infants. *Neuropsychology*, *18*(4), 673–678. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.4.673>
- Vieira, M. E. B., & Linhares, M. B. M. (2016). Quality of life of individuals born preterm: a systematic review of assessment approaches. *Quality of Life Research*, *25*(9), 2123–2139. <https://doi.org/10.1007/s11136-016-1259-9>
- Vilgis, V., Silk, T. J., & Vance, A. (2015). Executive function and attention in children and adolescents with depressive disorders: a systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *24*(4), 365–384. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0675-7>
- Vorhees, C. V., & Williams, M. T. (2014). Assessing spatial learning and memory in rodents. *ILAR Journal*, *55*(2), 310–332. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilu013>
- Waismeyer, A. S., & Jacobs, L. F. (2013). The emergence of flexible spatial strategies in young children. *Developmental Psychology*, *49*(2), 232–242. <https://doi.org/10.1037/a0028334>
- Wiedenmayer, C. P., Bansal, R., Anderson, G. M., Zhu, H., Amat, J., Whiteman, R., & Peterson, B. S. (2006). Cortisol Levels and Hippocampus Volumes in Healthy Preadolescent Children. *Biological Psychiatry*, *60*(8), 856–861.
- Wiener, J. M., de Condappa, O., Harris, M. A., & Wolbers, T. (2013). Maladaptive Bias for Extrahippocampal Navigation Strategies in Aging Humans. *Journal of Neuroscience*, *33*(14), 6012–6017. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0717-12.2013>
- Wilcox, T., Nadel, L., & Rosser, R. (1996). Location Memory in Healthy Preterm and Full-Term Infants. *Infant Behavior and Development*, *19*, 309–323.
- Willford, J. A., Richardson, G. A., Leech, S. L., & Day, N. L. (2004). Verbal and Visuospatial Learning and Memory Function in Children with Moderate Prenatal Alcohol Exposure. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, *28*(3), 497–507. <https://doi.org/10.1097/01.ALC.0000117868.97486.2D>
- Wimmer, M. C., Robinson, E. J., & Doherty, M. J. (2017). Are developments in mental scanning and mental rotation related? *PLoS ONE*, *12*(2), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171762>
- Wintermark, P., Tolsa, J. F., Van Melle, G., Forcada-Guex, M., & Moessinger, A. C. (2007). Long-term outcome of preterm infants treated with nasal continuous positive airway pressure. *European Journal of Pediatrics*, *166*(5), 473–483. <https://doi.org/10.1007/s00431-006-0272-3>
- Wood, R. A., Moodley, K. K., Lever, C., Minati, L., & Chan, D. (2016). Allocentric spatial memory testing predicts conversion from mild cognitive impairment to dementia: An initial proof-of-concept study. *Frontiers in Neurology*, *7*(DEC). <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00215>
- Woodward, L. J., Anderson, P. J., Austin, N. C., Howard, K., & Inder, T. E. (2006). Neonatal MRI to Predict Neurodevelopmental Outcomes in Preterm Infants. *New England Journal of*

- Medicine*, 355(7), 685–694. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa053792>
- Woodward, L. J., Edgin, J. O., Thompson, D., & Inder, T. E. (2005). Object working memory deficits predicted by early brain injury and development in the preterm infant. *Brain*, 128(11), 2578–2587. <https://doi.org/10.1093/brain/awh618>
- Woolley, D. G., Vermaercke, B., de Beeck, H. O., Wagemans, J., Gantois, I., D’Hooge, R., ... Wenderoth, N. (2010). Sex differences in human virtual water maze performance: Novel measures reveal the relative contribution of directional responding and spatial knowledge. *Behavioural Brain Research*, 208(2), 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.12.019>
- Yang, Y., Merrill, E. C., & Wang, Q. (2019). Children’s response, landmark, and metric strategies in spatial navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 181, 75–101. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.01.005>
- Young, J. M., Powell, T. L., Morgan, B. R., Card, D., Lee, W., Lou, M., ... Taylor, M. J. (2015). Deep grey matter growth predicts neurodevelopmental outcomes in very preterm children. *NeuroImage*, 111, 360–368. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.02.030>
- Yousif, S. R., & Lourenco, S. F. (2017). Are all geometric cues created equal? Children’s use of distance and length for reorientation. *Cognitive Development*, 43(May 2016), 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2017.04.001>
- Zaehle, T., Jordan, K., Wüstenberg, T., Baudewig, J., Dechent, P., & Mast, F. W. (2007). The neural basis of the egocentric and allocentric spatial frame of reference. *Brain Research*, 1137(16 March), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.044>
- Zentner, M., & Bates, J. E. (2008). Child temperament: an integrative review of concepts, research programs and measures. *European Journal of Developmental Science*, 2(1/2), 7–37.
- Zhang, Z., Liu, S., Lin, X., Teng, G., Yu, T., Fang, F., & Zang, F. (2011). Development of fetal brain of 20 weeks gestational age: Assessment with post-mortem Magnetic Resonance Imaging. *European Journal of Radiology*, 80(3). <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.11.024>
- Zhu, J. J., Bao, Y. Y., Zhang, G. L., Ma, L. X., & Wu, M. Y. (2014). No relationship between mode of delivery and neonatal mortality and neurodevelopment in very low birth weight infants aged two years. *World Journal of Pediatrics*, 10(3), 227–231. <https://doi.org/10.1007/s12519-014-0497-6>
- Zinke, K., Fries, E., Altgassen, M., Kirschbaum, C., Dettenborn, L., & Kliegel, M. (2010). Visuospatial Short-Term Memory Explains Deficits in Tower Task Planning in High-Functioning Children with Autism Spectrum Disorder. *Child Neuropsychology*, 16(3), 229–241. <https://doi.org/10.1080/09297040903559648>

8. Trabajos originales

Trabajo original I

Spatial orientation assessment in preschool children: egocentric and allocentric frameworks

Spatial orientation is an important function in daily life because it allows us to reach a target place when moving through our environment, using self-centred (egocentric) or environmental information (allocentric). Compared to other cognitive functions, spatial orientation has been studied less in preschool ages. Some brain areas, such as the hippocampus and the temporal, parietal and frontal cortices, are involved in spatial orientation. Therefore, when these brain regions are altered in neurological conditions or in atypical development in children, we would expect impairment of spatial abilities. The aim of this study is to review studies, published in recent years, that use egocentric and allocentric spatial orientation tasks for assessing spatial memory in preschool children, with the final goal of finding out which tests could be included in a clinical neuropsychological evaluation. We observed that although egocentric spatial orientation emerges first during development, allocentric spatial orientation tasks are employed at very early ages. Most of these tasks are performed in real environments, allowing children's self-movements and using environmental modifications, but technologies such as virtual or augmented reality are increasingly used. Other aspects are discussed, such as the lack of consensus in the nomenclature, the difficulty of tracing the course of development of spatial orientation or the ecological validity of the tests used. We finally observed that there is greater interest in studying the allocentric framework than the egocentric one, which makes it difficult to compare the use of the two frames of reference during a neuropsychological evaluation in preschool-aged children.

Keywords: frames of reference; spatial memory; spatial orientation; young children; preschoolers; topographical disorientation.

Introduction

In our daily lives, we need to employ several cognitive functions that work with visual and spatial information, ranging from simple tasks, such as remembering in which drawer of the room we put an object, to complex tasks, such as remembering the path we need to follow to reach a distant place. The former example describes memory for locations, related to object recognition, recall of positions of objects, or knowing when an object has been moved from its original position (Bocchi et al., 2018). The latter example refers to spatial orientation or spatial navigation, which is the aim of the present review. Spatial orientation allows us to find a target place by moving through the environment to reach the target location. To do this, it is necessary to remember the location, use information about the direction, angle, or distance, and specify the location with regard to two cues: a stable and unchanging reference point and/or a subject who moves (Vasilyeva & Lourenco, 2012; Waismeyer & Jacobs, 2013). Thus, spatial orientation not only requires coding such information or key points in the environment, but also knowing how to use them to relocate to a previously known or visited place. Hence, all of this information allows us to eventually reach our target location, identifying our surrounding environment and our location and reorienting in previously known places. Therefore, we can see that spatial orientation involves location memory, and this function is more complex than visual orientation.

Egocentric vs allocentric spatial orientation

For spatial navigation, we mainly employ two frameworks: egocentric and allocentric. The egocentric system involves taking our own body as the reference centre, so that all locations are related to our own point of view, whereas the allocentric system employs elements in the environment regardless of our own position (Burgess, 2008; O'Keefe, Nadel, & Lynn, 1978; Vasilyeva & Lourenco, 2012). A third frame of reference has been pointed out, the heterocentric framework, which takes the perspective of a third person (Ruby & Decety, 2001). However, this framework has not been considered in the present review. The egocentric framework is related to a concept known as dead reckoning, or path integration, the ability to update and track our own movements by codifying our speed or acceleration, as well as distances, turns, and directions, called idiothetic signals (Montello, 2005). This capacity requires awareness of our initial location, and it involves vestibular, kinaesthetic, and optic systems (N. Newcombe, Huttenlocher, Drumme, & Wiley, 1998; van den Brink & Janzen, 2013). The allocentric framework is related to the ability to recall and recognise landmarks - allothetic signals - to finally be able to make mental maps as representations of the surrounding environment (Burgess, Maguire, & O'Keefe, 2002; Montello, 2005; O'Keefe et al., 1978). These external allothetic cues can be coincident or not coincident: coincident cues code the location's properties or the reference landmarks that coincide with the target place, whereas non-coincident cues refer to relative positions that require the ability to employ distances and directions related to the target place (Waismeyer & Jacobs, 2013). Moreover, when we talk about a non-coincident landmark, we can refer to environmental landmarks inside the task enclosure or near a target location, called proximal cues or intra-maze landmarks, or we can refer to external environmental cues not located in the enclosure or far from the target location, called distal cues or boundary landmarks. Therefore, if we hide a toy under a box decorated with a distinctive pattern, children could memorize the position of the box on the floor of the room and its distinctive feature - a coincident cue-, but they could also code that the target box is next to the teddy bear - a proximal non-coincident cue - or just below the window - a distal non-coincident cue -.

For completely functional spatial navigation, it is not enough to have these environmental cues and our own organism's cues, statically or in locomotion. Instead, it is necessary to integrate and combine them to eventually recreate integral images of spatial representations (Nardini, Jones, Bedford, & Braddick, 2008). Thus, taking into account that the egocentric framework is the first to emerge in development (Acredolo, 1978; Acredolo & Evans, 1980; Piaget & Inhelder, 1967), and based on the model of environmental knowledge acquisition (Siegel & White, 1975), the development of the allocentric framework and its association with the egocentric framework takes place in the following way. First, in landmark knowledge acquisition, we can recognize landmarks in the environment, but not to employ directional information about them, such as their location and their association with other stimuli and the environment. Second, in route knowledge, we can employ egocentric information in combination with consecutive landmarks, allowing us to follow a route. Third, in survey knowledge, we can memorise landmarks in an organized mental map. Therefore, the allocentric response starts with remembering landmarks, then combining them with egocentric information, and concluding with the creation of mental maps, indicating that allocentric orientation is fully developed, which occurs at about the age of seven (Overman, Pate, Moore, & Peleuster, 1996). Therefore, it seems relevant to assess spatial orientation development before the age of seven.

Typical tasks to measure egocentric and allocentric spatial orientation

Prototypical tasks used for the evaluation of the egocentric and allocentric frames of reference take place in rooms specifically prepared for the test. In the case of the egocentric framework, this room or enclosure eliminates any type of environmental cue that can guide the child in its execution. In the case of the allocentric framework, visual cues would be added. The final aim of these tasks is

usually for the child to find a stimulus or toy in a hidden place within the room, guided either by his own turns and/or movements of his body in the egocentric framework, or by the cues located in the environment in the allocentric framework.

Development of spatial orientation related functions

Regarding brain development during childhood and spatial orientation improvements, other early sensorial and cognitive functions have to develop first. That is, to correctly perceive the environment, discriminate landmarks, locate objects spatially, etc., children need to move their eyes and head across their visual field in order to explore it. On eye-tracking tasks, infants are encouraged to follow a stimulus across their visual field. This requires infants to be able to voluntarily control their eye movements. Newborns are only able to perform eye tracking tasks, fixing their attention on a specific stimulus, although this ability improves significantly at 3 months (Clohessy, Posner, & Rothbart, 2001) and continues to improve until 6 months (Reynolds & Romano, 2016). Therefore, between 3 and 6 months of age, infants start to be able to voluntarily control their eye movements, which is related to exploring their visual field. At 6 months, infants are able to maintain their attentional focus for longer periods of time (Reynolds & Romano, 2016), and at the age of one year, they start to inhibit non-relevant stimulation (Garon, Bryson, & Smith, 2008). From this age onward, infants can sustain their attentional focus longer and tolerate more interfering information (Garon et al., 2008). At 6 months old, infants also start to detect and anticipate changes in the positions of objects previously shown, as a very first sign of visuospatial memory (Gilmore & Johnson, 1995; Oakes, Hurley, Ross-Sheehy, & Luck, 2011; Reznick, Morrow, Goldman, & Snyder, 2004). This function continues improving significantly between 6 and 8 months (Pelphrey et al., 2004), but infants still have a high rate of mistakes when trying to locate an object between two possible positions until 9 months old (Diamond & Goldman-Rakic, 1989). From nine months to one year, searching errors almost disappear (Diamond & Goldman-Rakic, 1989). In addition, infants start to be able to tolerate a longer delay period, a period of time where the child is not allowed to initiate searching behavior, from two seconds at 6 months to 10 seconds at 12 months (Diamond & Goldman-Rakic, 1989; Pelphrey et al., 2004; Reznick et al., 2004).

Some brain areas participate in the development of spatial orientation. Hippocampal maturity has been associated with allocentric memory enhancement, due to projections from the entorhinal cortex to the CA1 area (Lambert, Lavenex, & Banta Lavenex, 2015), which occur at 2 years of age, approximately.

Spatial orientation and brain structure and function

In adult humans, on the one hand, the allocentric orientation has mainly been related to the hippocampus, parahippocampus, retrosplenial and inferior and superior temporal cortex, but also to the frontal, parietal, and occipital cortex (Boccia, Nemmi, & Guariglia, 2014; Chen et al., 2014; Committeri et al., 2004; Doeller, King, & Burgess, 2008; Nemmi, Boccia, & Guariglia, 2017; Saj et al., 2014; Zaehle et al., 2007). On the other hand, the egocentric orientation is associated with the precuneus, inferior, and superior parietal cortex, superior temporal cortex, and frontal cortex, as well as some subcortical structures, such as the striatum, thalamus and insula (Chen et al., 2014; Doeller et al., 2008; Moulinet et al., 2016; Neggers, Van der Lubbe, Ramsey, & Postma, 2006; Nemmi et al., 2017; Zaehle et al., 2007). However, most of these areas are shared by both frameworks, especially the precuneus, parietal, temporal, and medial and superior frontal cortex (Chen et al., 2014; Neggers et al., 2006; Saj et al., 2014; Zaehle et al., 2007). Both strategies seem to involve a parieto-frontal bilateral network that mainly includes parietal and premotor regions, but can also include visual occipital regions (Gramann et al., 2010; Zaehle et al., 2007).

Spatial orientation in paediatric neurological populations

This aforementioned course of development of spatial abilities occurs in children with regular brain development. However, other cognitive abilities with a spatial component, such as visuospatial memory or visuospatial abilities, have been investigated more in children with early brain damage, atypical development, or other neurological conditions. For example, some difficulties have been found in these functions in premature children, compared to term-born children in (Beauchamp et al., 2008; Caravale, Tozzi, Albino, & Vicari, 2005; Mürner-Lavanchy et al., 2014), due to a reduction in hippocampal volume (Aanes, Bjuland, Skranes, & Løhaugen, 2015; Beauchamp et al., 2008). As mentioned previously, spatial orientation is a complex function based on the correct functioning of other sensory and cognitive systems, which leads us to imagine that space navigation may be affected in pre-term children. For example, spatial orientation deficits have been observed in pre-term, school-aged populations (Cimadevilla, Roldán, París, Arnedo, & Roldán, 2014). In other clinical populations, such as Williams syndrome (Bernardino, Mouga, Castelo-Branco, & Van Asselen, 2013; Broadbent, Farran, & Tolmie, 2014; Nunes et al., 2013; Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2003), Down syndrome (Lavenex et al., 2015), cerebral palsy (Belmonti, Fiori, Guzzetta, Cioni, & Berthoz, 2015), and fetal alcohol syndrome (Hamilton, Kodituwakku, Sutherland, & Savage, 2003), spatial orientation and visuospatial difficulties have been found as well. It is noteworthy that there is a disorder directly related to difficulties in spatial orientation development, that is, developmental topographical disorientation (DTD). Many cases of children and adults with this pathology have already been recorded (Bianchini et al., 2014; Conson et al., 2018; Iaria & Barton, 2010; Iaria, Bogod, Fox, & Barton, 2009; Iaria et al., 2005; Nemmi et al., 2015; Palermo, Foti, Ferlazzo, Guariglia, & Petrosini, 2014; Palermo, Piccardi, et al., 2014), although we find that it has not yet been studied in depth compared to other neurodevelopmental disorders, and most of this population is detected in adulthood, pointing to a difficulty in detecting these problems in childhood at the present time. This pathology is characterized by problems related to topographic knowledge and environmental navigation, which may include difficulties such as recognizing landmarks, being aware of the position of the head, recognizing right-left directions, adapting to changes or alterations in previously learned routes, and, mainly, creating and later using cognitive maps (Iaria & Barton, 2010). All these difficulties have been reported without presenting any type of cerebral lesion and with other neuropsychological functions intact.

Not only in clinical populations, but also in children with typical development, we find that spatial capacities play a vital role, due to their influence on academic achievement (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Demir, Prado, & Booth, 2014). Therefore, all these disorders or difficulties show the importance of using spatial orientation tests for preschool ages that allow us to detect early problems in this ability that could influence later cognitive development, academic aims, or even quality of life.

Present review

In spite of the vital importance of this capacity in our daily activities and in some neurological-related disorders, we find that, compared to other cognitive functions, not much attention has been paid to egocentric and allocentric evaluations during childhood. For all these reasons, it seems necessary to employ tests for these spatial orientation frames of reference from the earliest ages and throughout childhood, according to their brain development. Therefore, the aim of the present review is to identify and summarize the current state of knowledge on the egocentric and allocentric spatial orientation assessment tests for populations up to 6 years old that have been published in recent years. This review also aims to examine the methodological differences in spatial orientation assessment. Some tasks allow children to move, as we currently know that self-movement is relevant for orientation, while others do not allow movement or displacement. Similarly, some of the tasks use natural environments with some modifications, while others use technologies, such as

computerized tasks, augmented reality or virtual reality. This review also sought to include a summary of the course of spatial orientation development, in order to clarify how this function improves in children with typical development. The knowledge about typical development could help to detect when there are dysfunctions, allowing clinical neuropsychologists to compare normal development with potential problems in spatial egocentric and allocentric function. Finally, this review also includes a critical discussion of the current panorama on the evaluation of spatial orientation in children, as well as limitations and directions for future research.

Method

A systematic literature review was conducted by searching in three psychological databases (Pubmed, PsycINFO, and Scholar Google) in order to identify peer-reviewed articles that employed spatial orientation tasks in children (age: 0-6 years). The studies included were published between 2000 and 2019 . A description of the selection method is included in the supplementary material. See Figure 1.

Results

Sample description and study characteristics for the 49 studies are located in Table 1.

Egocentric vs. allocentric spatial orientation assessment

Eighteen studies from 49 articles examined assessed egocentric spatial orientation using spatial tasks, out of (Bremner, Hatton, Foster, & Mason, 2011; Bullens, Iglói, Berthoz, Postma, & Rondi-reig, 2010; Crowther, Lew, & Whitaker, 2000; Gouteux, Vauclair, & Thinus-Blanc, 2001; Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Albiol-Perez, 2014; Kaufman & Needham, 2011; Leplow et al., 2003; Lew, Bremner, & Lefkovitch, 2000; Lew, Foster, & Bremner, 2006; Nardini, Burgess, Breckenridge, & Atkinson, 2006; Nardini, Jones, et al., 2008; Piccardi et al., 2014; Piccardi, Leonzi, D'Amico, Marano, & Guariglia, 2014; Piccardi, Palermo, Bocchi, & Guariglia, 2015; Ruggiero, D'Errico, & Iachini, 2016; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013; Yang, Merrill, & Wang, 2019). In 7 of these articles the emission of a self-centred response is considered erroneous or non-effective (Gouteux et al., 2001; Kaufman & Needham, 2011; Leplow et al., 2003; Lew et al., 2006; Nardini, Jones, et al., 2008; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013) because the main aim of these tasks is to know whether the children are capable of using external environmental landmarks. The only studies that used tasks that can only be solved using egocentric cues did not aim to analyse, as the main objective, the performance on this framework, but rather to measure the visuospatial span (Juan et al., 2014; Piccardi et al., 2014a; Piccardi et al., 2014b), related to locating one or more objects among several possible locations, as well as walking according to a specific pattern through squares placed on the floor, what type of egocentric information is used more effectively (Bremner et al., 2011), if visual flow or vestibular information, or egocentric information is available along with allocentric clues, hindering the use of egocentric strategy by itself (Yang et al., 2019)

Forty studies from 49 articles examined evaluated the allocentric spatial orientation. In 32 of these articles non-coincident landmarks were used (Bullens et al., 2010a; Bullens et al., 2010b; Bullens, Klugkist, & Postma, 2011; Crowther et al., 2000; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Learmonth, Nadel, & Newcombe, 2002; Learmonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001; Learmonth, Newcombe, Sheridan, & Jones, 2008; Lee, Sovrano, & Spelke, 2012; Lee & Spelke, 2010, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, & Spelke, 2012; León, Cimadevilla, & Tascón, 2014; Lew et al., 2000, 2006; Lourenco, Addy, & Huttenlocher, 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Mandolesi, Petrosini, Menghini, Addona, & Vicari, 2009; Merrill et al., 2016; Nardini,

Atkinson, & Burgess, 2008; Nardini et al., 2006; Nardini, Jones, et al., 2008; Negen, Heywood-Everett, Roome, & Nardini, 2018; Newcombe, Ratliff, Shallcross, & Twyman, 2010; Pentland, Anderson, Dye, & Wood, 2003; Piccardi et al., 2015; Rodriguez-Andres, Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Lluch, 2016; Rodriguez-Andres, Mendez-Lopez, Juan, & Perez-Hernandez, 2018; Ruggiero et al., 2016; Yang et al., 2019; Yousif & Lourenco, 2017), while one article used coincident landmarks (Kaufman & Needham, 2011). The combination of the two type of cues was found in 11 articles (Gouteux & Spelke, 2001; Gouteux et al., 2001; Hermer-Vazquez, Moffet, & Munkholm, 2001; Ribordy, Jabès, Banta Lavenex, & Lavenex, 2013; Ribordy Lambert, Lavenex, & Banta Lavenex, 2017; Schmuckler & Jewell, 2007; Smith et al., 2008; Twyman, Friedman, & Spetch, 2007; van den Brink & Janzen, 2013; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013).

Twenty-two studies used proximal cues (Crowther et al., 2000; Gouteux & Spelke, 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Kaufman & Needham, 2011; Learmonth et al., 2002, 2001; Lee, Sovrano, et al., 2012; Lee & Spelke, 2010, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012; Lew et al., 2000, 2006; Lourenco et al., 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Nardini, Atkinson, et al., 2008; Nardini, Jones, et al., 2008; Newcombe et al., 2010; Piccardi et al., 2015; Ruggiero et al., 2016; Twyman et al., 2007; Yousif & Lourenco, 2017), while those using both proximal and distal cues in the tasks were 14 (Bullens, Nardini, et al., 2010; Bullens et al., 2011; Gouteux et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Learmonth et al., 2008; Leplow et al., 2003; Nardini et al., 2006; Rodriguez-Andres et al., 2016, 2018; Schmuckler & Jewell, 2007; Smith et al., 2008; van den Brink & Janzen, 2013; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013) and those using only distal cues were 9 (Bullens et al., 2010a; León et al., 2014; Mandolesi et al., 2009; Merrill et al., 2016; Negen et al., 2018; Pentland et al., 2003; Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017; Yang et al., 2019). Proximal cues including traffic cones (Bullens et al., 2010b), small coloured or geometrical wood pieces (Bullens, Klugkist, & Postma, 2011; Ruggiero et al., 2016), paper lanterns (Crowther et al., 2000; Lew et al., 2000), rhomboid tabletop (Hupbach & Nadel, 2005), cylindrical figures (Huttenlocher & Vasilyeva, 2003), coloured paper squares (Learmonth, Nadel, & Newcombe, 2002), bookshelves and doors (Learmonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001), columns (Lee, Winkler-Rhoades, & Spelke, 2012), sculpture objects (Lew et al. 2006), led light figures (Nardini, Jones, et al., 2006), led light figures (Nardini, Jones, et al. 2006), led light figures (Nardini, Jones, et al. 2007), bookcases and doors (Learmonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001), columns (Lee, Winkler-Rhoades, & Spelke, 2012), sculpture objects (Lew et al. 2006), led light figures (Nardini, Jones, et al., 2008), object pictures (Piccardi et al., 2015), toys (Waismeyer & Jacobs, 2013), coloured or geometrically printed walls or curtains (Learmonth, Newcombe, Sheridan, & Jones, 2008; Lourenco, Addy, & Huttenlocher, 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Nardini, Atkinson, & Burgess, 2008; Twyman et al., 2007), plastic boxes or coloured glasses (Learmonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001; Schmuckler & Jewell, 2007; Smith et al., 2008), as well as the use of the environment's own geometry as an allocentric cue (Gouteux et al., 2001; Lee, Sovrano, & Spelke, 2012; Yousif & Lourenco, 2017). Distal cues used were shaped neon lights (Bullens et al., 2010b) coloured papers (Bullens et al., 2011), coloured curtains (Gouteux & Spelke, 2001), furniture (Gouteux et al., 2001; Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017; Vasilyeva & Bowers, 2006) and coloured cardboards (Hupbach & Nadel, 2005). In outdoor tasks, distal cues are usually trees, swings, benches, water towers, etc. (Mandolesi et al., 2009; Smith et al., 2008). In virtual tasks, landmarks created are trees, mountains, rocks, buildings, pictures, doors, windows, etc. (Bullens et al., 2010a; León et al., 2014; Merrill et al., 2016; Negen et al., 2018; van den Brink & Janzen, 2013; Yang et al., 2019). Studies using both types of proximal and distal cues are based on the presence of both cues at the same time (Gouteux et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Rodriguez-Andres et al., 2016, 2018; Vasilyeva & Bowers, 2006), in the design of different experimental conditions where compare children's performance if they have an additional distinctive cue or do not have one (Bullens et al., 2011; Learmonth et al., 2008; Smith et al., 2008; van den Brink & Janzen, 2013) or in the change of position of one of the cues, while the others remain in

the same place, and observe if it has any effect on performance (Bullens, Nardini, et al., 2010; Leplow et al., 2003; Nardini et al., 2006; Schmuckler & Jewell, 2007; Waismeyer & Jacobs, 2013). Thus, we find experimental paradigms where the objective is to look for the conflict between different types of landmarks, others where it is examined if the execution improves if an extra landmark is provided, while in others what is looked for is the integration or the use of both landmarks at the same time.

Locomotion, equipment and technologies in spatial orientation

Thirty-eight of the 49 articles analysed in the present review include all or some experimental conditions that require the child to move in order to solve the task (Bullens et al., 2010a; Bullens et al., 2010b; Gouteux & Spelke, 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Juan et al., 2014; Learmonth et al., 2002, 2001, 2008; Lee, Sovrano, et al., 2012; Lee & Spelke, 2011, 2010; Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012; Leplow et al., 2003; Lourenco et al., 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Mandolesi et al., 2009; Merrill et al., 2016; Nardini, Atkinson, et al., 2008; Nardini et al., 2006; Nardini, Jones, et al., 2008; Negen et al., 2018; Newcombe et al., 2010; Pentland et al., 2003; Piccardi et al., 2014a; Piccardi et al., 2014b; Piccardi et al., 2015; Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017; Rodriguez-Andres et al., 2016, 2018; Smith et al., 2008; Twyman et al., 2007; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013; Yang et al., 2019; Yousif & Lourenco, 2017). Spatial orientation requires displacement around the navigational environment. For this reason, allowing children to move around during the tasks is a relevant issue. The tasks where the child does not move are mainly for the youngest children, aged 18 months or below (Crowther et al., 2000; Kaufman & Needham, 2011; Lew et al., 2000, 2006; Schmuckler & Tsang-Tong, 2000), where even if the infants do not move by themselves, they are usually moved by their caregivers. For older children, the tasks where self-movement is not allowed are those that use computers or other types of technologies (Bullens et al., 2010a; León et al., 2014; van den Brink & Janzen, 2013), one task related to spatial judgments from a static position (Ruggiero et al., 2016), and one task carried out in a real environment as well (Gouteux et al., 2001). However, this does not occur in all the tasks that include technological equipment. For example, some studies use a virtual reality task in which the children are required to move (Negen et al., 2018), using active mobility interfaces during the virtual task, such as a platform for their feet and a car steering wheel (Rodriguez-Andres et al., 2016), and employing augmented reality in a real environment that allows them to use their own locomotion (Juan et al., 2014).

37 articles design spatial orientation tasks that happen in real environments (Bullens et al., 2010b; Bullens et al., 2011; Crowther et al., 2000; Gouteux & Spelke, 2001; Gouteux et al., 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Juan et al., 2014; Kaufman & Needham, 2011; Learmonth et al., 2001, 2008, 2002; Lee, Sovrano, et al., 2012; Lee & Spelke, 2010, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012; Leplow et al., 2003; Lew et al., 2000, 2006; Lourenco et al., 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Mandolesi et al., 2009; Nardini, Atkinson, et al., 2008; Nardini, Jones, et al., 2008; Newcombe et al., 2010; Pentland et al., 2003; Piccardi et al., 2014a; Piccardi et al., 2014b; Piccardi et al., 2015; Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017; Ruggiero et al., 2016; Smith et al., 2008; Twyman et al., 2007; Vasilyeva & Bowers, 2006; Yousif & Lourenco, 2017). From these, 31 of them require some type of environmental modifications. These studies are mainly carried out in empty rooms or enclosures with different shapes use curtains or panels to avoid access to distal cues (Bullens et al., 2010b; Bullens et al., 2011; Crowther et al., 2000; Gouteux & Spelke, 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Juan et al., 2014; Kaufman & Needham, 2011; Learmonth et al., 2008, 2002, 2001; Lee, Sovrano, et al., 2012; Lee & Spelke, 2010, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012; Leplow et al., 2003; Lew et al., 2000, 2006; Lourenco et al., 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Nardini, Atkinson, et al., 2008; Nardini, Jones, et al., 2008; Newcombe et al., 2010; Piccardi et al., 2014a; Piccardi et al., 2014b; Piccardi et al., 2015; Ribordy et al., 2013;

Ribordy Lambert et al., 2017; Twyman et al., 2007; Yousif & Lourenco, 2017). We also found some tasks that use the elements commonly present in the room as allocentric landmarks for reorientation (Gouteux et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Nardini et al., 2006; Pentland et al., 2003; Vasilyeva & Bowers, 2006), thus requiring fewer environmental modifications than those that create specific enclosures. Besides, two of these real-world based tasks are performed in outdoor environments (Mandolesi et al., 2009; Smith et al., 2008), although one of them also requires specific equipment (Mandolesi et al., 2009).

Regarding technology-based tasks, of the studies require some electronic equipment to be carried out, needing one of them a television and videotapes (Schmuckler & Tsang-Tong, 2000), a computer (Bullens et al., 2010a; León et al., 2014; Merrill et al., 2016; van den Brink & Janzen, 2013; Yang et al., 2019), augmented reality technology (Juan et al., 2014; Rodriguez-Andres et al., 2016, 2018) and virtual reality technology (Negen et al., 2018).

Development of spatial orientation abilities

As shown in Table 1, between 7 and 12 months of age, infants appear to be sensitive to changes in visual flow and vestibular information, sources of information that are vital for proper spatial orientation (Bremner et al., 2011). Between about 4.5 months (Kaufman & Needham, 2011) and 6 months of age (Schmuckler & Jewell, 2007), infants seem to be able to show an orientation response employing coincident cues, but this result only appears if infants have previously been moved by the environment and in combination with egocentric information (Kaufman & Needham, 2011) or if this movement has been simulated (Schmuckler & Jewell, 2007).

On the other hand, 6-month old infants do not manage to reorient themselves following a distinctive non-coincident allocentric landmark (Crowther et al., 2000). At 8.5 months of age, infants improve their orientation performance if there is one non-coincident landmark (Crowther et al., 2000) or two non-coincident landmarks (Lew et al., 2000); that is, their performance is better following an allocentric framework, rather than a purely egocentric framework. Moreover, although at 12 months old they are able to respond correctly when the only information available is self-centred, their ability to orient themselves improves if non-coincident allocentric cues are present (Lew et al., 2000). From this age and up to 18 months, toddlers are able to orient themselves toward distinctive and non-coincident allocentric landmarks as long as they have not previously been disoriented (Lew et al., 2006). Furthermore, at these ages, they manage to respond egocentrically, but with less success compared to an allocentric response (Lew et al., 2006). From 18 months to 2 years old, the ability to give allocentric responses after being disoriented improves greatly. Toddlers are able to use different types of cues: geometric and / or visual cues, such as the colour or length of the surface of the environment (Learmonth et al., 2001), cues based on linear scalar information, such as luminosity (Lourenco et al., 2009), and colour-based cues (Nardini, Atkinson, et al., 2008), all of which are non-coincident landmarks. In addition, at these ages they are able to code the spatial relationships in the environment and use this information to reorient themselves (Huttenlocher & Vasilyeva, 2003) and establish spatial relationships based on a sense of "left-right" (Nardini, Atkinson, et al., 2008).

From 2 to 3 years old, children continue to use different types of non-coincident allocentric cues based on geometry, such as distances and relationships between the surfaces of the enclosures (Lee, Sovrano, et al., 2012), differential patterns with specific sizes and densities on the walls of the enclosure (Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012), and complex and regular octagonal environments (Newcombe et al., 2010). Moreover, starting from these ages, children will not present difficulties in reorienting following coincident landmarks (Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017) or reorienting on virtual tasks, guided by coincident and / or non-coincident landmarks (van den Brink & Janzen, 2013). However, they will still present problems in reorienting themselves in certain specific geometrical environments, such as rhomboids, despite having distinctive allocentric

cues (Hupbach & Nadel, 2005), or in using landmarks related to clarity-darkness (Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012). Up to this point, all the landmarks used for reorientation have been proximal, but after 2 years of age, children seem to start to use distal landmarks for the first time to locate an object among four possible locations (Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017).

From 3 to 4 years of age, children can use proximal and non-coincident cues related to superficial distances and shadows to orient themselves (Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012), subtle geometric cues on surfaces in 3D (Lee & Spelke, 2011), and the distance and length of the surrounding walls (Yousif & Lourenco, 2017). However, they are not yet able to establish these geometric relationships between the elements of space when they are disconnected or separated from each other. Instead, these relationships have to be explicitly shown with panels or physical elements that join the different objects (Gouteux & Spelke, 2001; Vasilyeva & Bowers, 2006). It also seems that at these ages, non-geometric proximal cues such as colour (Hermer-Vazquez et al., 2001; Lourenco & Cabrera, 2015; Newcombe et al., 2010) acquire greater importance, improving performance if these coloured cues are coincident (Hermer-Vazquez et al., 2001) and having a subsequent facilitating effect on reorientation in the absence of landmarks (Lourenco & Cabrera, 2015). At these ages, children seem to take advantage of "left-right" spatial relationships for reorientation as well (Newcombe et al., 2010).

Although the preference for using coincident and /or proximal cues continues if they are available (Waismeyer & Jacobs, 2013), at 3 years of age they can use distal allocentric landmarks more successfully (Nardini et al., 2006; Smith et al., 2008), although not all studies agree with these results at such an early age (Leplow et al., 2003), where children get better performance using proximal rather than distal cues. Another issue that seems to improve allocentric orientation at these ages is allowing locomotion and self-movement, either real (Leplow et al., 2003) or virtually simulated (Negen et al., 2018). In fact, when the movement of 3-year-old children is not allowed, findings show that they are not able to use geometric proximal cues, but only egocentric responses (Gouteux et al., 2001). Other relevant variables that promote the use of allocentric orientation are the three-dimensionality of the target locations - instead of two-dimensionality - and maintaining the stability of the spatial relationships between these possible locations and the surrounding environment (Lee & Spelke, 2010), as well as the size of the environment or place where the task is carried out because it seems that at these ages they are not able to use distinctive allocentric cues when the task is performed in small rectangular enclosures (Learmonth et al., 2002).

The aspects mentioned above continue to improve from 4 to 5 years of age. At these ages, children can establish spatial relationships between separate objects where spatial relationships between such objects are not explicitly shown, progressively improving with age (Vasilyeva & Bowers, 2006) and guided by a distinctive and proximal landmark in large environments with regular characteristics (Newcombe et al., 2010). In addition, they seem to use proximal geometric landmarks with greater efficacy (Gouteux et al., 2001). However, they are still unable to integrate them with distal allocentric information (Hupbach & Nadel, 2005).

Regarding the use of distal information, some authors report a predominance of its use in some cases (Hupbach & Nadel, 2005), whereas others describe better performance with proximal cues (Leplow et al., 2003), but an inability to use distal information until more advanced ages persist. The use of non-geometric landmarks, such as colour, which is reported to be initially used in combination with other distal environmental cues, also becomes increasingly important, as children may reorient themselves by non-geometric properties w by forming direct associations between a hidden object, the distinctive colour of the landmark and environmental stimuli (Gouteux et al., 2001). In addition, previous spatial learning based on colour cues can be transferred and generalized to untrained or unexplored environments (Twyman et al., 2007). Although at these ages children can integrate different types of environmental cues, such as proximal non-geometric landmarks with distal stimuli (Gouteux et al., 2001), some authors disagree on this point. They argue that better performance is found at these ages only in the presence of allocentric landmarks,

compared to the presence of both egocentric and allocentric cues (Nardini, Jones, et al., 2008). Thus, children at these ages seem to perform better using allocentric cues (based on landmarks) than egocentric cues (based on auto-locomotion), but in addition, the performance of these children is worse when both types of cues are available, indicating that they are not yet able to integrate them, unlike adult subjects (Nardini, Jones, et al., 2008). Thus, it could happen that when children are provided with a unique distinctive and proximal cue, as well as when self-locomotion is not required and there is no disorientation procedure, they are capable of associating it with the environment (Gouteux et al., 2001). On the other hand, they would still show difficulties in more complex tasks, where the child must simultaneously take into account their own movements and the available environmental landmarks (Nardini, Jones, et al., 2008). Limitations in self-movement during spatial orientation tasks seem to be less relevant after 4 years old: from these ages on, children can use more distal geometric and non-geometric cues to reorient successfully, despite limiting their freedom of movement in small enclosures (Learmonth et al., 2008). It also seems that the absence of movement during a virtual task does not impede reorientation based on distal allocentric cues (Negen et al., 2018). Although spatial orientation studies in children do not usually find gender differences among participants, on an allocentric task that uses distal landmarks, at younger ages (4 to 5 years) girls show a similar performance to that of older boys (5 to 5.5 years) (Mandolesi et al., 2009).

From age 5 onwards, children's orientation skills reach high performance levels. At these ages, children are less limited by the size of the enclosure where the task is carried out, still finding better orientation in larger enclosures at five years old (Learmonth et al., 2002), but the size of the area does not affect performance at around 6 years of age (Learmonth et al., 2002, 2008; Smith et al., 2008). There are no longer difficulties in the management of proximal geometric cues (Nardini et al., 2006) or a preference for the use of proximal cues versus the use of distal cues (Bullens, Nardini, et al., 2010; Hupbach & Nadel, 2005), although the use of proximal or local landmarks are associated with greater success in reorientation (Bullens et al., 2011; Smith et al., 2008). Moreover, when there is a choice between one strategy or the other, they perform better on virtual tasks with the egocentric strategy than with the allocentric one at these ages (Bullens et al., 2010a).

Six-year-old children show an improvement in their spatial learning when they navigate in virtual environments with low difficulty levels and using distal cues (León et al., 2014). Also on these tasks, 6-year-old boys perform better than girls (León et al., 2014). Moreover, at this age, some authors found that children are able to successfully utilised process of integration across different scales, when distal landmarks need to be integrated with proximal locations (Smith et al., 2008). It seems that they code locations at both proximal and distal spatial scales in allocentric coordinates (Smith et al., 2008). However, other authors found that this is not possible until 7 years of age (Leplow et al., 2003). However, the procedures of these studies are different. In Smith et al. (2008), the tracks always remained in the same place and the task was done in an open environment. In Leplow et al. (2003), the proximal landmarks were rotated coming into conflict with the distal ones and the task took place in a circular and closed environment. From these ages, children can orient themselves with relative efficacy; therefore, the interest of research is to test how much spatial information in the environment they are capable of retaining. The results from studies on this topic are varied. For example, using distal cues, some studies have found that 5-year-old children are able to remember between 2 and 3 locations among 18 possible locations (Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017), but others have found that at 5 and 6 years of age, they only remember 2 locations among 5 possible locations, but they are not able to remember 4 locations among 9 possible locations (Pentland et al., 2003). When both distal and proximal landmarks are available, children are not able to remember the position of 3 objects within a virtual environment at 5 and 6 years old (Rodríguez-Andres et al., 2016, 2018).

Exclusively using the egocentric orientation, 5 and 6-year-old children were able to locate 1 object from 2 locations and 2 objects among 4 locations (Juan et al., 2014). Therefore, we can

conclude that the number of possible locations does not seem to be as relevant as the amount of information to be remembered. Thus, it seems that in children under 6 years old, the topographical span, that is, how much spatial information we can remember in the surrounding environment, is around 2 items, and this increases successively at different ages (Piccardi et al., 2014a, Piccardi et al., 2015b). In addition, from the age of 6, progressive knowledge of space-related vocabulary and grammar will help to improve landmark-based performance throughout childhood (Piccardi et al., 2015). It is also worth mentioning that from age 6 to 7, the management of egocentric and allocentric spatial strategies will continue to improve during childhood, adolescence, and adulthood, and then progressively decrease in the elderly (Ruggiero et al., 2016). In addition, from these ages, it has been possible to verify that other variables such as verbal memory and spatial skills influence performance in allocentric orientation (Merrill et al., 2016). On the other hand, although the domain of allocentric cues at this age is high, they are not yet able to use metric information, such as the length of a corridor, to reorient themselves appropriately (Yang et al., 2019).

Discussion

We found that the current interest in spatial orientation assessment in pre-school children favours allocentric spatial orientation tests instead of egocentric spatial orientation tests. We should also highlight that on many of the assessment tasks, egocentric responses are considered non-desirable for solving the task. Because the egocentric framework is the first to emerge during child development (Acredolo, 1978), most of the researchers have probably focused on finding out when children start using allocentric cues for the first time. However, this lack of interest in the egocentric framework in recent literature is striking, taking into account that following environmental knowledge acquisition (Siegel & White, 1975), the functional use of landmarks combined with egocentric information - route knowledge - , as well as the creation of mental maps for navigation – survey knowledge - , develop later in childhood, not until 7 years old (Overman et al., 1996). All of this indicates that, given that the egocentric framework develops earlier (Acredolo, 1978; Acredolo & Evans, 1980; Piaget & Inhelder, 1967), the number of articles that study this frame of reference should be greater at the earliest ages, and they should focus on the study of the allocentric framework as the target ages approach 7 years. On the other hand, it is also worth mentioning that the lack of tests to assess the egocentric framework during early childhood complicates the detection of potential alterations in this capacity at these ages, which, as mentioned above, can help to diagnose children with developmental alterations earlier, especially those with topographical developmental disorientation (Bianchini et al., 2014; Conson et al., 2018; Iaria & Barton, 2010; Iaria et al., 2009, 2005; Nemmi et al., 2015; Palermo, Piccardi, et al., 2014).

Regarding allocentric tasks, the use of non-coincident cues outpaces the use of coincident cues. Surprisingly, most of the tasks analysed in the present review that include coincident landmarks assess 3-year-old children or older (Gouteux & Spelke, 2001; Gouteux et al., 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Smith et al., 2008; Twyman et al., 2007; Vasilyeva & Bowers, 2006; Waismeyer & Jacobs, 2013), and only two evaluate coincident cues under the age of two (Kaufman & Needham, 2011; Schmuckler & Jewell, 2007). These results are surprising, taking into account that in regular development, coincident cues are used before non-coincident landmarks (Acredolo, 1978; Acredolo, Adams, & Goodwyn, 1984; Rieser, 1979). Therefore, it seems that the natural developmental course of allocentric evaluation would be resolved by including more coincident cues in the first stages of child development and, subsequently, including non-coincident landmarks in the assessment protocols for the evaluation of older children. However, studies have also observed that the preference for coincident cues extends to 4-year-old children (Waismeyer & Jacobs, 2013), and so it seems reasonable to continue to include these kinds of landmarks in spatial orientation tasks for preschool-aged children. On the other hand, the use of proximal cues on allocentric tasks surpasses the use of distal cues. A greater presence of proximal cues is expected on experimental tasks because all the studies that only use this type of landmark are carried out in clearly delimited

and closed enclosures, preventing access to remote cues. For this reason, the tasks that are carried out in virtual environments (Bullens et al., 2011; León et al., 2014; Merrill et al., 2016; Rodriguez-Andres et al., 2016, 2018; van den Brink & Janzen, 2013; Yang et al., 2019), outdoors (Mandolesi et al., 2009; Smith et al., 2008), or in less encapsulated spaces (Nardini et al., 2006; Pentland et al., 2003; Ribordy et al., 2013; Ribordy Lambert et al., 2017; Vasilyeva & Bowers, 2006) are those that most frequently use distal landmarks. Thus, distal cues are more likely to be included when the task takes place in open environments rather than small rooms.

The examination of the recent literature shows that researchers consider locomotion and/or self-movement to be a relevant variable to take into account for spatial orientation assessment in pre-schoolers, as almost all of them include it in their experimental tasks. At very early ages, the first locomotor capacities – involved in crawling - have been associated with improvements in spatial abilities (Acredolo et al., 1984). Being able to move around our surrounding environment allows us to know and memorize the space from different perspectives, and this early familiarization allows us to orient ourselves more effectively (Kaufman & Needham, 2011). Moreover, the studies that manipulate the child's ability to move freely, developing spatial orientation in small enclosures, find worse results in children from 3 to 5 years old when they limit their movement possibilities (Learmonth et al., 2008).

However, because orientation requires movement around the surrounding space, it seems clear that to achieve greater functional validity, it is necessary to allow children's movement even after this age. For this reason, we found that the tasks in which the participant remains static are the ones for infants or toddlers – even if they are old enough to crawl - or those performed on the computer for older ages. Even if the child does not really move, we need to take into account the existence of simulated movement in virtual tasks. Thus, although in many tasks there is no real movement, if this simulated movement is present, compensated by the apparatus or by the virtual task procedure, we should not exclude the influence of real locomotion on their results. However, in our knowledge, the comparison of simulated and real movement was not studied, making it necessary to develop new research in this direction.

Moreover, we need to consider that perceiving our own movements during spatial orientation tasks is not the only relevant information that is present in real environments: vestibular and proprioceptive information, as well as the visual flow, are also present in our daily orientation tasks (Banta Lavenex et al., 2011; Piccardi et al., 2008), and many computerized spatial tasks cannot take this information into account. Therefore, spatial tasks in real environments make it possible to perceive and upload our own movements, take into account the position of the body and the head, and be aware of our own equilibrium, etc., so they could be the best option for replicating the usual conditions of spatial orientation, showing greater ecological validity in its evaluation. However, including some new technologies, such as the use of realistic and immersive virtual environments that allow freedom of movement by the user (Negen et al., 2018) or the use of augmented reality in real environments (Juan et al., 2014), could be great future alternatives with high functional relevance because they combine the advantages of using new technologies with the information normally available in spatial orientation.

Functionality or ecological validity of the task is another variable that we need to take into account in order to include some of these tasks in clinical neuropsychological assessment. That is, when selecting our assessment protocol, it is important to consider whether the task is capable of reproducing, at least partially, the natural conditions where spatial orientation occurs. Therefore, the tasks that seem closer to daily orientation activities are those that take place outdoors, in wide open spaces. However, the intrinsic characteristics of these tasks make them difficult to use. They have to be conducted in a specific large and natural space. Therefore, to conduct these tasks, it is necessary to interrupt the usual neuropsychological assessment, which normally takes place in a clinical setting. In addition, they are difficult to standardize and replicate, making their application difficult in a standard neuropsychological evaluation. Tasks that take place in a smaller room or enclosure

lose functionality but gain in standardized application. However, it is necessary to consider that some of these tasks have the disadvantage of requiring some type of equipment or specific environmental modification (large curtains or panels in most cases). Finally, tasks based on new technologies are the simplest to apply and include in routine neuropsychological assessments, but they probably have less relationship with day-to-day spatial orientation and, therefore, are the least functional. Tasks that use new technologies but achieve greater functional validity due to mobility or other characteristics they provide to participants have the disadvantage of requiring specific and expensive apparatus, such as augmented reality or virtual reality equipment.

Limitations

It is necessary to point out the lack of consensus in the terminology used in spatial orientation tasks: we found terms such as self-reference, idiothetic, response learning, etc., referring to the use of the egocentric spatial orientation, and terms such as Euclidean properties, allothetic, place learning, etc., referring to the use of the allocentric spatial orientation. Even the concept of "spatial orientation" is often referred to in terms of "spatial memory", "reorientation", or "spatial navigation". This divergence in the terms used can make it difficult to obtain relevant bibliographical references. Moreover, it is important to mention that the main aim of some of the articles analysed in the present review was not to assess spatial orientation *per se*, but rather, for example, the ability to use a map to transfer 2D information to 3D (Vasilyeva & Bowers, 2006) or assess the topographical span (Piccardi et al., 2014a; Piccardi et al., 2014b). In addition, other studies have shown interest in verifying or refuting geometry module processing (Gouteux & Spelke, 2001; Gouteux et al., 2001; Hermer-Vazquez et al., 2001; Hupbach & Nadel, 2005; Huttenlocher & Vasilyeva, 2003; Learmonth et al., 2002, 2001, 2008, Lee & Spelke, 2010, 2011; Lee, Winkler-Rhoades, et al., 2012; Lew et al., 2006; Lourenco et al., 2009; Lourenco & Cabrera, 2015; Nardini, Atkinson, et al., 2008; Nardini et al., 2006; Newcombe et al., 2010; Twyman et al., 2007; Vasilyeva & Bowers, 2006; Yousif & Lourenco, 2017), an innate ability, shared with other vertebrate animals, that employs geometrical features in encapsulated environments to successfully maintain correct orientation in space (Cheng & Newcombe, 2005). The way geometry is used throughout the development of spatial orientation is undoubtedly a subject of vital importance, but it is probably a topic too specific to focus on in a neuropsychological evaluation and its subsequent diagnosis. Despite this, all these studies include tasks that require spatial orientation abilities, and for this reason they have been included in the present review.

Another possible limitation that we currently find in spatial orientation researches in childhood is the difficulty in establishing the development of egocentric and allocentric frames of reference. That is, that the authors choose a certain age range does not mean that the measured ability has not emerged before - for example, that authors assess a function after 5 years, but this is actually already present in children of 4 years -. Thus, it could happen that the course of development of the spatial orientation shown in the present study does not correspond exactly with the ages when these capacities emerge and improve, but at lower ages that have not been measured in the original studies. For this reason, it could be recommendable in future researches to try to expand these evaluation tasks for younger ages.

We also need to highlight that the classification followed in the present review presents certain controversies. First, some authors do not clearly mention the frames of reference used in the solution of their experimental tasks, making it difficult to classify them in egocentric and/or allocentric terms. Regarding cue use, the differentiation between coincident cues - coding of the distinctive characteristics of the location - and non-coincident cues - coding of the target location in terms of its relationship with other reference points - seems clear, whereas the difference between proximal and distal cues is more diffuse. In spatial memory paradigms in rodents, taking into account the relative size of the animal vs. the size of the elements for the task - labyrinths and cues -, it seems quite clear that the distal landmarks are those that are located outside the labyrinth, that

is, those that do not vary their relative position while the organism moves (O'Keefe et al., 1978). This does not occur with spatial orientation in humans. As we have seen previously, many of the tasks that employ cues classified as distal are performed in closed rooms, and only a few in open spaces. Therefore, it seems necessary to reconsider the extent to which we can talk about a distal cue when it is located a few meters away from the participant.

Conclusion

The purpose of the present review was to assess and summarize recent literature on egocentric and allocentric spatial orientation assessment in children under 6 years of age. Results revealed a wide variety of tasks for the evaluation of spatial orientation at these early ages.

We can conclude that spatial orientation starts early in development, with the egocentric framework being the first to appear, as well as allocentric orientation using coincident landmarks. Infants of 4.5 months old are able to orient themselves with coincident proximal landmarks if they previously had the chance to know the environment from different points of view. Later, infants of 8.5 months old use non-coincident landmarks for the very first time, and these cues continue to guide the toddler's orientation from 12 to 18 months, if they have not been disoriented, and from 18 to 24 months if they have changed their position, starting to use geometrical and non-geometrical cues as well. From 2 to 3 years of age, although children continue to use different kinds of non-coincident landmarks, they show the use of distal cues to reorient themselves. From 3 to 4 years old, children's reorientation improves with the use of different proximal and distal non-coincident landmarks. Later, from 4 to 5 years old, they are able to compensate for the lack of self-motion in enclosed spaces or establish a spatial relationship between discontinued elements, and it seems that they start to integrate different types of spatial cues. From 5 years old onwards, they do not show any problems with geometric, non-geometric, distal or proximal cues, they improve their ability to integrate difference sources of spatial information and they are able to remember more spatial information in their memory.

We have observed, despite this wide variety of tests, a lack of tasks to analyse all the relevant characteristics of daily spatial orientation in preschool ages. That is, whereas we have many tasks for allocentric evaluation, with different types of cues and aimed at different ages, we find that the current spatial orientation tasks for pre-schoolers fail to evaluate the egocentric framework, which highlights the need to develop tasks for the evaluation of the egocentric spatial orientation at early ages. Although in our daily activity spatial orientation depends on the combination and use of both frameworks, it would be of great interest to have tasks available to evaluate egocentric and allocentric orientation separately, in order to detect developmental alterations in the management of a specific framework that could occur in neurological diseases, or developmental problems that affect the main brain areas that participate in spatial orientation, such as hippocampal areas, temporal, parietal and temporal cortex, thalamus, and striatum. Some other relevant issues in spatial orientation assessment, such as whether children are allowed to move during the tasks or whether spatial tasks are carried out in real environments, are present in the most of spatial orientation test. Moreover, the incipient presence of new technologies in the evaluation of spatial orientation is not negligible. Therefore, it would be advisable to continue researching in this direction with the aim of ensuring an appropriate ecological validity of these procedures.

Acknowledgements

We thank Cynthia DePoy for revising the English text of the manuscript.

Funding

Blind version

Disclosure statement

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Aanes, S., Bjuland, K. J., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. C. (2015). Memory function and hippocampal volumes in preterm born very-low-birth-weight (VLBW) young adults. *NeuroImage*, 105, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.023>
- Acredolo, L. P. (1978). Development of spatial orientation in infancy. *Developmental Psychology*, 14(3), 224–234. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.14.3.224>
- Acredolo, L. P., Adams, A., & Goodwyn, S. W. (1984). The role of self-produced movement and visual tracking in infant spatial orientation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38(2), 312–327. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90128-0](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90128-0)
- Acredolo, L. P., & Evans, D. (1980). Developmental changes in the effects of landmarks on infant spatial behavior. *Developmental Psychology*, 16(4), 312–318. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.16.4.312>
- Banta Lavenex, P., Lecci, S., Pretre, V., Brandner, C., Mazza, C., Pasquier, J., & Lavenex, P. (2011). As the world turns: Short-term human spatial memory in egocentric and allocentric coordinates. *Behavioural Brain Research*, 219(1), 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.12.035>
- Beauchamp, M. H., Thompson, D. K., Howard, K., Doyle, L. W., Egan, G. F., Inder, T. E., & Anderson, P. J. (2008). Preterm infant hippocampal volumes correlate with later working memory deficits. *Brain*, 131(11), 2986–2994. <https://doi.org/10.1093/brain/awn227>
- Belmonti, V., Fiori, S., Guzzetta, A., Cioni, G., & Berthoz, A. (2015). Cognitive strategies for locomotor navigation in normal development and cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 57(s2), 31–36. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12685>
- Bernardino, I., Mouga, S., Castelo-Branco, M., & Van Asselen, M. (2013). Egocentric and allocentric spatial representations in Williams Syndrome. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 19(1), 54–62. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000963>
- Bianchini, F., Palermo, L., Piccardi, L., Incoccia, C., Nemmi, F., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2014). Where Am I? A new case of developmental topographical disorientation. *Journal of Neuropsychology*, 8(1), 107–124. <https://doi.org/10.1111/jnp.12007>
- Bocchi, A., Palermo, L., Boccia, M., Palmiero, M., D'Amico, S., & Piccardi, L. (2018). Object recognition and location: Which component of object location memory for landmarks is affected by gender? Evidence from four to ten year-old children. *Applied Neuropsychology: Child*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1504218>
- Boccia, M., Nemmi, F., & Guariglia, C. (2014). Neuropsychology of environmental navigation in humans: Review and meta-analysis of fMRI studies in healthy participants. *Neuropsychology Review*, 24(4), 236–251. <https://doi.org/10.1007/s11065-014-9247-8>
- *Bremner, J. G., Hatton, F., Foster, K. A., & Mason, U. (2011). The contribution of visual and vestibular information to spatial orientation by 6- to 14-month-old infants and adults. *Developmental Science*, 14(5), 1033–1045. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01051.x>

- Broadbent, H. J., Farran, E. K., & Tolmie, A. (2014). Egocentric and allocentric navigation strategies in Williams syndrome and typical development. *Developmental Science*, 17(6), 920–934. <https://doi.org/10.1111/desc.12176>
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205–228. <https://doi.org/10.1080/87565640801982312>
- *Bullens, J., Iglói, K., Berthoz, A., Postma, A., & Rondi-reig, L. (2010a). Developmental time course of the acquisition of sequential egocentric and allocentric navigation strategies. *Journal of Experimental Child*, 107, 337–350. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.05.010>
- *Bullens, J., Klugkist, I., & Postma, A. (2011). The role of local and distal landmarks in the development of object location memory. *Developmental Psychology*, 47(6), 1515–1524. <https://doi.org/10.1037/a0025273>
- *Bullens, J., Nardini, M., Doeller, C. F., Braddick, O., Postma, A., & Burgess, N. (2010b). The role of landmarks and boundaries in the development of spatial memory. *Developmental Science*, 13(1), 170–180. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00870.x>
- Burgess, N. (2008). Spatial cognition and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 77–97. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.002>
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O’Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35(4), 625–641. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00830-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00830-9)
- Caravale, B., Tozzi, C., Albino, G., & Vicari, S. (2005). Cognitive development in low risk preterm infants at 3-4 years of life. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 90(6), 474–479. <https://doi.org/10.1136/adc.2004.070284>
- Chen, Y., Monaco, S., Byrne, P., Yan, X., Henriques, D. Y. P., & Crawford, J. D. (2014). Allocentric versus Egocentric Representation of Remembered Reach Targets in Human Cortex. *Journal of Neuroscience*, 34(37), 12515–12526. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1445-14.2014>
- Cheng, K., & Newcombe, N. S. (2005). Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(1), 1–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3758/BF03196346>
- Cimadevilla, J. M., Roldán, L., París, M., Arnedo, M., & Roldán, S. (2014). Spatial learning in a virtual reality-based task is altered in very preterm children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(9), 1002–1008. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.963520>
- Clohessy, A. B., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2001). Development of the functional visual field. *Acta Psychologica*, 106(1–2), 51–68. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(00\)00026-3](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(00)00026-3)
- Committeri, G., Paradis, A.L., Galati, G., Berthoz, A., LeBihan, D., & Pizzamiglio, L. (2004). Reference Frames for Spatial Cognition: Different Brain Areas are Involved in Viewer-,

Object-, and Landmark-Centered Judgments About Object Location. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(9), 1517–1535. <https://doi.org/10.1162/0898929042568550>

Conson, M., Bianchini, F., Quarantelli, M., Salzano, S., Vita, A. Di, Guariglia, C., ... Quarantelli, M. (2018). Selective map-following navigation deficit: A new case of developmental topographical disorientation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/13803395.2018.1451493>

*Crowther, H. L., Lew, A. R., & Whitaker, C. J. (2000). The development of beacon use for spatial orientation in 6–8 . 5-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 23, 41–59.

Demir, Ö. E., Prado, J., & Booth, J. R. (2014). The Differential Role of Verbal and Spatial Working Memory in the Neural Basis of Arithmetic. *Developmental Neuropsychology*, 39(6), 440–458. <https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939182>

Diamond, A., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74(1), 24–40. <https://doi.org/10.1007/BF00248277>

Doeller, C. F., King, J. A., & Burgess, N. (2008). Parallel striatal and hippocampal systems for landmarks and boundaries in spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(15), 5915–5920. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801489105>

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>

Gilmore, R., & Johnson, M. H. (1995). Working memory in infancy 6 month-olds performance on two versions of the oculomotor delayed response task. *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 59, pp. 397–418.

*Gouteux, S., & Spelke, E. S. (2001). Children's use of geometry and landmarks to reorient in an open space. *Cognition*, 81(2), 119–148. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(01\)00128-7](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(01)00128-7)

*Gouteux, S., Vauclair, J., & Thinus-Blanc, C. (2001). Reorientation in a small-scale environment by 3-4-, and 5-year-old children. *Cognitive Development*, 16(3), 853–869. [https://doi.org/10.1016/s0885-2014\(01\)00062-4](https://doi.org/10.1016/s0885-2014(01)00062-4)

Gramann, K., Onton, J., Riccobon, D., Mueller, H. J., Bardins, S., & Makeig, S. (2010). Human brain dynamics accompanying use of egocentric and allocentric reference frames during navigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2836–2849. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21369>

Hamilton, D. A., Kodituwakku, P., Sutherland, R. J., & Savage, D. D. (2003). Children with Fetal Alcohol Syndrome are impaired at place learning but not cued-navigation in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 143(1), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00028-7)

*Hermer-Vazquez, L., Moffet, A., & Munkholm, P. (2001). Language, space, and the development of cognitive flexibility in humans: The case of two spatial memory tasks. *Cognition*, 79(3), 263–299. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00120-7)

- *Hupbach, A., & Nadel, L. (2005). Reorientation in a rhombic environment: No evidence for an encapsulated geometric module. *Cognitive Development*, 20(2), 279–302. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2005.04.003>
- *Huttenlocher, J., & Vasilyeva, M. (2003). How toddlers represent enclosed spaces. *Cognitive Science*, 27(5), 749–766. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(03\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(03)00062-4)
- Iaria, G., & Barton, J. J. S. (2010). Developmental topographical disorientation : a newly discovered cognitive disorder. *Experimental Brain Research*, 206, 189–196. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2256-9>
- Iaria, G., Bogod, N., Fox, C. J., & Barton, J. J. S. (2009). Neuropsychologia Developmental topographical disorientation: Case one. *Neuropsychologia*, 47, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.08.021>
- Iaria, G., Incoccia, C., Piccardi, L., Nico, D., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2005). Lack of orientation due to a congenital brain malformation: A case study. *Neurocase*, 11, 463–474. <https://doi.org/10.1080/13554790500423602>
- *Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Albiol-Perez, S. (2014). Augmented reality for the assessment of children’s spatial memory in real settings. *PLoS ONE*, 9(12), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113751>
- *Kaufman, J., & Needham, A. (2011). Spatial expectations of young human infants, following passive movement. *Developmental Psychobiology*, 53(1), 23–36. <https://doi.org/10.1002/dev.20484>
- Lambert, F. R., Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2015). Improvement of allocentric spatial memory resolution in children from 2 to 4 years of age. *International Journal of Behavioral Development*, 39(4), 318–331. <https://doi.org/10.1177/0165025415584808>
- Lavenex, P. B., Bostelmann, M., Brandner, C., Costanzo, F., Fragnière, E., Klencklen, G., ... Vicari, S. (2015). Allocentric spatial learning and memory deficits in Down syndrome. *Frontiers in Psychology*, 6(FEB), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00062>
- *Learmonth, A. E., Nadel, L., & Newcombe, N. S. (2002). Children’s use of landmarks: Implication for modularity theory. *Psychological Science*, 13(4), 337–341.
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2001). Toddlers’ use of metric information and landmarks to reorient. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(3), 225–244. <https://doi.org/10.1006/jecp.2001.2635>
- Learmonth, A. E., Newcombe, N. S., Sheridan, N., & Jones, M. (2008). Why size counts: Children’s spatial reorientation in large and small enclosures. *Developmental Science*, 11(3), 414–426. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00686.x>
- *Lee, S. A., Sovrano, V. A., & Spelke, E. S. (2012). Navigation as a source of geometric knowledge: Young children’s use of length, angle, distance, and direction in a reorientation task. *Cognition*, 123(1), 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.12.015>
- *Lee, S. A., & Spelke, E. S. (2010). A modular geometric mechanism for reorientation in children. *Cognitive Psychology*, 61(2), 152–176. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2010.04.002>

- *Lee, S. A., & Spelke, E. S. (2011). Young children reorient by computing layout geometry, not by matching images of the environment. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(1), 192–198. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0035-z>
- *Lee, S. A., Winkler-Rhoades, N., & Spelke, E. S. (2012). Spontaneous Reorientation Is Guided by Perceived Surface Distance, Not by Image Matching Or Comparison. *PLoS ONE*, 7(12), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051373>
- *León, I., Cimadevilla, J. M., & Tascón, L. (2014). Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task. *Neuropsychology*, 28(4), 485–495. <https://doi.org/10.1037/neu0000054>
- *Leplow, B., Lehnung, M., Pohl, J., Herzog, A., Ferstl, R., & Mehdorn, M. (2003). Navigational place learning in children and young adults as assessed with a standardized locomotor search task. *British Journal of Psychology*, 94(Pt 3), 299–317. <https://doi.org/10.1348/000712603767876244>
- *Lew, A. R., Bremner, J. G., & Lefkovich, L. P. (2000). The development of relational landmark use in six- to twelve-month-old infants in a spatial orientation task. *Child Development*, 71(5), 1179–1190. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00222>
- *Lew, A. R., Foster, K. A., & Bremner, J. G. (2006). Disorientation inhibits landmark use in 12-18-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 29(3), 334–341. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.01.001>
- *Lourenco, S. F., Addy, D., & Huttenlocher, J. (2009). Location representation in enclosed spaces: What types of information afford young children an advantage? *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(3), 313–325. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.05.007>
- *Lourenco, S. F., & Cabrera, J. (2015). The potentiation of geometry by features in human children: Evidence against modularity in the domain of navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.007>
- *Mandolesi, L., Petrosini, L., Menghini, D., Addona, F., & Vicari, S. (2009). Children's radial arm maze performance as a function of age and sex. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 27(8), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2009.08.010>
- *Merrill, E. C., Yang, Y., Roskos, B., Steele, S., & Farran, E. K. (2016). Sex Differences in Using Spatial and Verbal Abilities Influence Route Learning Performance in a Virtual Environment: A Comparison of 6- to 12-Year Old Boys and Girls. *Frontiers in Psychology*, 7(February), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00258>
- Montello, D. R. (2005). Navigation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 257–294). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moulinet, A. R., Chochina, L., Leplaideur, S. C., Bannier, E., Ferre, J.-C., & Bonan, I. (2016). Cortical activity and egocentric representation: An fMRI study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59, e70. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.07.162>
- Mürner-Lavanchy, I., Ritter, B. C., Spencer-Smith, M. M., Perrig, W. J., Schroth, G., Steinlin, M., & Everts, R. (2014). Visuospatial working memory in very preterm and term born children—Impact of age and performance. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 9, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.02.004>

- *Nardini, M., Atkinson, J., & Burgess, N. (2008). Children reorient using the left/right sense of coloured landmarks at 18-24 months. *Cognition*, 106(1), 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.02.007>
- *Nardini, M., Burgess, N., Breckenridge, K., & Atkinson, J. (2006). Differential developmental trajectories for egocentric, environmental and intrinsic frames of reference in spatial memory. *Cognition*, 101(1), 153–172. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.09.005>
- *Nardini, M., Jones, P., Bedford, R., & Braddick, O. (2008). Development of Cue Integration in Human Navigation. *Current Biology*, 18(9), 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.021>
- *Negen, J., Heywood-Everett, E., Roome, H. E., & Nardini, M. (2018). Development of allocentric spatial recall from new viewpoints in virtual reality. *Developmental Science*, 21(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/desc.12496>
- Neggers, S. F. W., Van der Lubbe, R. H. J., Ramsey, N. F., & Postma, A. (2006). Interactions between ego- and allocentric neuronal representations of space. *NeuroImage*, 31(1), 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.028>
- Nemmi, F., Bianchini, F., Piras, F., Péran, P., Palermo, L., Piccardi, L., ... Guariglia, C. (2015). Finding my own way: an fMRI single case study of a subject with developmental topographical disorientation. *Neurocase*, 21(5), 573–583. <https://doi.org/10.1080/13554794.2014.960424>
- Nemmi, F., Boccia, M., & Guariglia, C. (2017). Does aging affect the formation of new topographical memories? Evidence from an extensive spatial training. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 24(1), 29–44. <https://doi.org/10.1080/13825585.2016.1167162>
- *Newcombe, N., Huttenlocher, J., Drummey, A. B., & Wiley, J. G. (1998). The development of spatial location coding: Place learning and dead reckoning in the second and third years. *Cognitive Development*, 13(2), 185–200. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90038-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90038-7)
- Newcombe, N. S., Ratliff, K. R., Shallcross, W. L., & Twyman, A. D. (2010). Young children's use of features to reorient is more than just associative: Further evidence against a modular view of spatial processing. *Developmental Science*, 13(1), 213–220. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00877.x>
- Nunes, M. M., Honjo, R. S., Dutra, R. L., Amaral, V. S., Amaral, V. A. S., Oh, H. K., ... Teixeira, M. C. T. V. (2013). Assessment of intellectual and visuo-spatial abilities in children and adults with Williams syndrome. *Universitas Psychologica*, 12(2), 581–589. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.UPSY12-2.aiva>
- O'Keefe, J., Nadel, & Lynn. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Oakes, L. M., Hurley, K. B., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2011). Developmental changes in infants' visual short-term memory for location. *Cognition*, 118(3), 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.007>.Developmental
- Overman, W. H., Pate, B. J., Moore, K., & Peleuster, A. (1996). Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze. *Behavioral Neuroscience*, 110(6), 1205–1228. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.110.6.1205>

- Palermo, L., Foti, F., Ferlazzo, F., Guariglia, C., & Petrosini, L. (2014). I Find My Way in a Maze But Not in My Own Territory ! Navigational Processing in Developmental Topographical Disorientation. *Neuropsychology*, 28(1), 135–146. <https://doi.org/10.1037/neu0000021>
- Palermo, L., Piccardi, L., Bianchini, F., Nemmi, F., Incoccia, C., Sabatini, U., & Guariglia, C. (2014). Looking for the compass in a case of developmental topographical disorientation : A behavioral and neuroimaging study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, (April), 37–41. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.904843>
- Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology*, 40(5), 836–851. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.836>
- *Pentland, L. M., Anderson, V. A., Dye, S., & Wood, S. J. (2003). The Nine Box Maze Test: A measure of spatial memory development in children. *Brain and Cognition*, 52(2), 144–154. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00079-4)
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). *A child's conception of space* (F. J. Langdon & J. . Lunzer, Eds.). New York: Norton.
- Piccardi, L., Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2008). Walking in the Corsi test: Which type of memory do you need ? *Neuroscience Letters*, 432, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.12.044>
- *Piccardi, L., Leonzi, M., D'Amico, S., Marano, A., & Guariglia, C. (2014). Development of navigational working memory: Evidence from 6- to 10-year-old children. *British Journal of Developmental Psychology*, 32(2), 205–217. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12036>
- *Piccardi, L., Palermo, L., Bocchi, A., & Guariglia, C. (2015). Does Spatial Locative Comprehension Predict Landmark-Based Navigation ? *PLoS ONE*, January(28), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115432>
- Piccardi, L., Palermo, L., Leonzi, M., Risetti, M., Zompanti, L., Damico, S., & Guariglia, C. (2014b). The walking corsi test (WalCT): A normative study of topographical working memory in a sample of 4-to 11-Year-Olds. *Clinical Neuropsychologist*, 28(1), 84–96. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.863976>
- Reynolds, G. D., & Romano, A. C. (2016). The Development of Attention Systems and Working Memory in Infancy. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10(March), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00015>
- Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy*, 6(1), 145–154. https://doi.org/10.1207/s15327078in0601_7
- *Ribordy, F., Jabès, A., Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2013). Development of allocentric spatial memory abilities in children from 18 months to 5 years of age. *Cognitive Psychology*, 66(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.08.001>
- Ribordy Lambert, F., Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2017). The “when” and the “where” of single-trial allocentric spatial memory performance in young children: Insights into the development of episodic memory. *Developmental Psychobiology*, 59(2), 185–196. <https://doi.org/10.1002/dev.21479>

- Rieser, J. J. (1979). Spatial orientation of six-month-old infants. *Child Development*, 50(4), 1078–1087. <https://doi.org/10.2307/1129334>
- *Rodriguez-Andres, D., Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Lluch, J. (2016). MnemoCity task: Assessment of childrens spatial memory using stereoscopy and virtual environments. *PLoS ONE*, 11(8), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161858>
- Rodriguez-Andres, D., Mendez-Lopez, M., Juan, M. C., & Perez-Hernandez, E. (2018). A virtual object-location task for children: Gender and videogame experience influence navigation; age impacts memory and completion time. *Frontiers in Psychology*, 9(APR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00451>
- Ruby, P., & Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 4(5), 1–5.
- *Ruggiero, G., D’Errico, O., & Iachini, T. (2016). Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age. *Psychological Research*, 80(2), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>
- Saj, A., Cojan, Y., Musel, B., Honoré, J., Borel, L., & Vuilleumier, P. (2014). Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.135>
- Schmuckler, M. A., & Jewell, S. (2007). The effect of simulated self versus object movement in a nonsearch task. *Infancy*, 11(3), 305–320. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7078.2007.tb00229.x>
- *Schmuckler, M. A., & Tsang-Tong, H. Y. (2000). The role of visual and body movement information in infant search. *Developmental Psychology*, 36(4), 499–510. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.36.4.499>
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development & behavior* (pp. 9–55). New York: Academy Press.
- *Smith, A. D., Gilchrist, I. D., Cater, K., Ikram, N., Nott, K., & Hood, B. M. (2008). Reorientation in the real world: The development of landmark use and integration in a natural environment. *Cognition*, 107(3), 1102–1111. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.10.008>
- Tascón, L., Castillo, J., León, I., & Cimadevilla, J. M. (2018). Walking and non-walking space in an equivalent virtual reality task: Sexual dimorphism and aging decline of spatial abilities. *Behavioural Brain Research*, 347(February), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.03.022>
- *Twyman, A., Friedman, A., & Spetch, M. L. (2007). Penetrating the Geometric Module: Catalyzing Children’s Use of Landmarks. *Developmental Psychology*, 43(6), 1523–1530. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1523>
- *van den Brink, D., & Janzen, G. (2013). Visual spatial cue use for guiding orientation in two-to-three-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00904>

- *Vasilyeva, M., & Bowers, E. (2006). Children's use of geometric information in mapping tasks. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(4), 255–277. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.05.001>
- Vasilyeva, M., & Lourenco, S. F. (2012). Development of spatial cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(3), 349–362. <https://doi.org/10.1002/wcs.1171>
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2003). Visual and spatial working memory dissociation: Evidence from Williams syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 45(4), 269–273. <https://doi.org/10.1017/S0012162203000513>
- *Waismeyer, A. S., & Jacobs, L. F. (2013). The emergence of flexible spatial strategies in young children. *Developmental Psychology*, 49(2), 232–242. <https://doi.org/10.1037/a0028334>
- *Yang, Y., Merrill, E. C., & Wang, Q. (2019). Children's response, landmark, and metric strategies in spatial navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 181, 75–101. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.01.005>
- *Yousif, S. R., & Lourenco, S. F. (2017). Are all geometric cues created equal? Children's use of distance and length for reorientation. *Cognitive Development*, 43(May 2016), 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2017.04.001>
- Zaehle, T., Jordan, K., Wüstenberg, T., Baudewig, J., Dechent, P., & Mast, F. W. (2007). The neural basis of the egocentric and allocentric spatial frame of reference. *Brain Research*, 1137(16 March), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.044>

Figure Captions

Figure 1. Flow of full-text articles selected for revision according to the PRISMA guidelines.

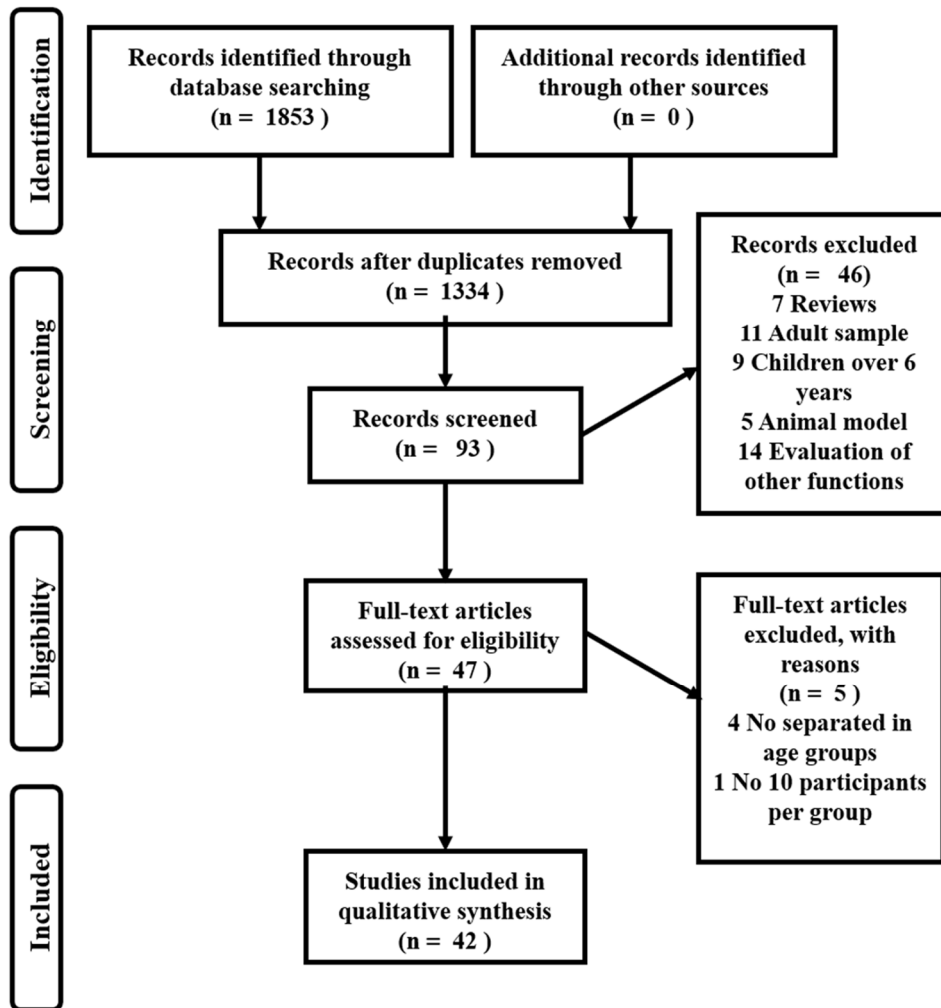


Table 1. Characteristics of reviewed studies about spatial orientation assessment under 6 years

Paper	Age + N ^c	Egocentric strategy ^a	Allocentric strategy ^b		Electronic equipment / Environmental modifications ^d	Self-movement allowed ^e	Brief results ^f
			Coincident / Non-coincident	Distal / Proximal			
(Bremner, Hatton, Foster, & Mason, 2011)	6 to 14 months (252)	Yes	-	-	EM	No	Infants at 7 and 12 months use information based on visual flow to reorient themselves, whereas at 9 months, they use vestibular information more effectively. At all ages, however, they appear to be sensitive to both types of information, but they do not integrate them efficiently.
(Bullens, Iglói, Berthoz, Postma, & Rondireig, 2010)	5, 7 and 10 (57)	Yes	NC	D	EE	No	Although 5-year-olds obtain spatial learning scores similar to those of older ages, they perform the task more slowly than their 10-year-olds. In addition, at age 5 there is a clear preference for adopting an egocentric orientation strategy, which persists at higher ages but in a less marked way. Although the 5-year-old group does not spontaneously use the allocentric strategy, they perform above chance when imposed the use of such an orientation response.
(Bullens, Nardini, et al., 2010)	5 and 7 + Adult group (45)	-	NC	P + D	EM	Yes	From 5 years of age, children are able to use distal and proximal allocentric landmarks to solve the task. The performance does not differ significantly depending on the type of cue used.
(Bullens, Klugkist, & Postma, 2011)	5, 7 and 9 (46)	-	NC	P+D	EM	Yes	Children of 5 perform less accurately than older peers. Children at this age improve their performance employing visual information for orientation and benefit from local landmarks, compared to older children. In all ages, scores are better when the

							point of view are the same between sample and trials.
(Crowther, Lew, & Whitaker, 2000)	6 and 8.5 months (64)	Yes	NC	P	EM	No	The presence of an allocentric cue does not guide reorientation at 6 months. At 8.5 months, performance improves if a distinctive allocentric cue is present, compared to a purely egocentric condition, although in spite of this, they do not reach scores above chance.
(Gouteux & Spelke, 2001)	3 to 4.5 (37)		C + NC	P	EM	Yes	Between 3 and 4.5 years of age, children are not able to reorient following the geometric properties of the environment or establish geometric relationships between the available objects, unless these relationships are explicitly shown (for example, with physical elements that link the different objects). Certain non-geometric characteristics, such as shape and colour, do guide their reorientation, but only when they are coincident landmarks.
(Gouteux, Vauclair, & Thinus-Blanc, 2001)	3, 4 and 5 + Adults group (80)	Yes	C + NC	P + D	-	No	At 4 and 5 years of age, children begin to be able to use geometric proximal cues, whereas children at 3 years old emit random responses, which could be related to an egocentric strategy. At 4 years of age, they begin to use non-geometric cues, such as colour, integrated with distal environmental landmarks, perfecting their execution at 5.
(Hermer-Vazquez, Moffet, & Munkholm, 2001)	3 to 6.5 (56)	-	C + NC	P	EM	Yes	Children at 3 years of age begin to be able to use non-geometric cues such as colour, only when they are coincident, whereas around 5 years old, they are used as coincident and non-coincident. The ability to use these cues is related to the linguistic production capacities for verbal material (such as "it is to the right of"), but not as much to the comprehensive skills.
Hupbach & Nadel, 2005	4 to 6	-	NC	P + D	-	No	Children at age 4 are not able to use the geometric information provided by the

(Hupbach & Nadel, 2005) Experiment 1	(46)						rhombic device used for the task, but they employ distal environmental cues more effectively. At 5 and 6 years old, they are able to use both types of information, geometric and non-geometric.
Hupbach & Nadel, 2005 (Hupbach & Nadel, 2005) Experiment 2	2 to 6 (63)	-	NC	P	EM	Yes	At 2 and 3 years of age, children cannot use proximal cues to reorient provided by the geometry of the apparatus used in the task, although they achieve it between 4 and 6 years of age. When they are given a distinctive environmental landmark, responses at 2 and 3 years old are still random, whereas older children can use both the geometric information from the device and the non-geometric information provided by the environmental cue, without either of the two information types predominating in their behaviour.
(Huttenlocher & Vasilyeva, 2003)	20 to 24 months (98)	-	NC	P	EM	Yes	Toddlers between 20 and 24 months can be reoriented using geometric cues, both when they are inside a closed room, in this case triangular, and when they are outside the space and perform the task on a small scale. The strategy followed by most children is to go directly to the correct location, which seems to be related to the coding of space in terms of the internal relationships between its parts.
(Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Albiol-Perez, 2014)	5 to 8 (76)	Yes	-	-	EM EE	+ Yes	At 5 and 6 years old, children are able to locate 1 object between 2 locations and/or 2 objects among 4 locations in an enclosure without environmental cues and using augmented reality technology.
(Kaufman & Needham, 2011)	4 to 5 months (88)	Yes	C	P	EM	No	Infants at 4.5 months are able to show a pattern of non-egocentric orientation. However, these results only occur when the child has been previously moved in the

							environment, with the opportunity to explore it from different locations. The familiarization with the place of the test, even in the absence of autonomous locomotion, seems to favour the use of an allocentric point of view at such an early age.
(Learmonth, Nadel, & Newcombe, 2002)	3, 4, 5 and 6 (69)	-	NC	P	EM	Yes	At 3 and 4 years old, children are able to use the geometric cues of the environment to reorient themselves in a rectangular enclosure, but when this enclosure has a small size, they are not able to use distinctive environmental cues. At age 5, reorientation only occurs if the enclosure has a larger size, with no problems in relocating to any size of enclosure at 6 years of age.
(Learmonth, Newcombe, & Huttenlocher, 2001)	17 to 24 months (247)	-	NC	P	EM	Yes	Infants between 17 to 24 months are able to use different allocentric cues to reorient themselves, on the one hand, both a single key and two distinctive environmental keys, and on the other hand, another type of geometrical or visual cue, such as colour, the length of surfaces, and the relationship they maintain with each other.
(Learmonth, Newcombe, Sheridan, & Jones, 2008)	3, 4, 5 and 6 (221)	-	NC	P + D	EM	Yes *	At 3 and 5 years old, when children need to reorient themselves in a small space while having limited mobility, they are not able to use environmental cues (colours, geometry) to do this correctly, although they can do so at 6 years old. When their movements are limited but the search area is more distal, children begin to correctly use the previous cues from 4 years of age, observing that the proximity of the target place to environmental cues influences the use of such information to reorient. If 3-year-old children are given a previous experience of free movement, they are also able to reorient themselves using these

							environmental cues. Free locomotion and exploration of the environment is important for the use of allocentric cues at 3 years of age, whereas at older ages, these functions lose importance until 6 years of age.
(Lee, Sovrano, & Spelke, 2012)	2 to 3 (112)	-	NC	P	EM	Yes	At 2 and 3 years of age, children are able to use geometric cues not explicitly indicated, such as distance and directional relationships between surfaces, to reorient in a rhombic or rectangle-shaped enclosure. If these enclosures are presented in a fragmented way - separate walls – instead of continuously, children’s reorientation responses are random.
(Lee & Spelke, 2010)	3 to 3.9 (112)	-	NC	P	EM	Yes	At 3 years of age, children are able to use 3D objects as cues in a circular environment, as well as being able to perform the task if these objects are moved. Children are unable to reorient themselves when the noticeable cues are in two dimensions or when the relationship between the object and the surrounding environment cannot be established.
(Lee & Spelke, 2011)	3 to 4 (64)	-	NC	P	EM	Yes	Orientation of children between 3 and 4 years old using geometric cues is better when these are 3D representations, with the influence of small changes in the structure, but not in the distances, directions, brightness, shadows, or salience of the objects.
(Lee, Winkler-Rhoades, & Spelke, 2012)	1.5 to 3.5 (96)	-	NC	P	EM	Yes	Children at 2 years of age are able to use geometric patterns located on the walls of the enclosure to reorient when they have a particular size and density, although they cannot use cues related to clarity-darkness. At 3.5 years old, they efficiently use cues related to surface distances and shadows to orient themselves.

(León, Cimadevila, & Tascón, 2014)	4 to 10 (100)	-	NC	D	EE	No	Children at 4 and 5 years old show poorer performance on a virtual task using distal allocentric cues than older peers. Children at 5 years old are able to improve their results throughout the different trials of the test, and they are able to solve the task when it remains at low levels of difficulty.
(Leplow et al., 2003)	3, 4, 5, 7, 10, and 12 + Adult group (112)	Yes	NC	P + D	EM	Yes	At 3, 4, and 5 years old, children are able to avoid giving a purely egocentric response, erroneous on this task, and use proximal allocentric cues for their reorientation. In contrast, when the proximal cues are changed and conflict with prior learning, the children are not able to support their responses on allocentric distal cues until 7 years of age.
(Lew, Bremner, & Lefkovich, 2000)	6, 8.5 and 12 months (112)	Yes	NC	P	EM	No	An improvement in performance is observed in reorientation after 8.5 months, reaching correct response rates above chance at 12 months. Although at 12 months infants are able to use a purely egocentric response, they get better performance when they have two allocentric cues available. With less effectiveness, also at 8.5 months, infants are able to use two allocentric cues for reorientation, obtaining better performance than if only one key is present (which requires the participation of an allocentric and egocentric strategy) or none (purely egocentric strategy).
(Lew, Foster, & Bremner, 2006)	12 to 18 months (72)	Yes	NC	P	EM	No	At 12 and 18 months, if the external cues are very noticeable and distinctive and the child has not been disoriented, infants are able to give an allocentric response. However, the performance is lower if, on the one hand, the child has been previously disoriented or, on the other, if

							the cues are identical – not distinctive -, which involves an egocentric strategy.
(Lourenco, Addy, & Huttenlocher, 2009)	18 to 24 months (93)	-	NC	P	EM	Yes	Infants from 18 to 24 months are able to use linear scalar information, such as luminosity, to reorient, even if it occurs in isolation, although the performance they achieve is greater if several scalar dimensions are combined than if only one is present.
(Lourenco & Cabrera, 2015)	3 and 4 (192)	-	NC	P	EM	Yes	At 3 and 4 years old, children who are first exposed to distinctive environmental characteristics, such as colour in a rhombic-shaped environment, are able to reorient themselves better in another enclosure where only geometric cues are available, in comparison with those children who do not have access to these previous distinctive cues. The performance at 4 years old was better than the performance at 3.
(Mandolesi, Petrosini, Menghini, Addona, & Vicari, 2009)	3 to 8 (80)	-	NC	D	EM	Yes	Performance, as a lower commission of errors and time spent, improves with age. At younger ages (4 to 5 years old, approximately), girls show similar performance to older boys (5 to 5.5 years old, approximately).
(Nardini, Atkinson, & Burgess, 2008)	18 to 24 months (68)	-	NC	P	EM	Yes	At 18 and 24 months of age, infants are able to reorient themselves allocentrically following cues such as colour or asymmetrically placed drawings, related to an orientation guided by the sense of “left-right” orientation.
(Nardini, Burgess, Breckenridge, & Atkinson, 2006)	3, 4, 5 and 6 (73)	Yes	NC	P + D	-	Yes	After 3 years of age, children are able to employ both egocentric and allocentric strategies using non-coincident distal cues. After 5 years of age, they begin to use proximal non-coincident cues, including geometric cues, employing an <i>intrinsic frame of reference</i> .
(Nardini, Jones, Bedford,	4 to 5 and	Yes	NC	P	EM	Yes	At 4 and 5 years old, children show worse performance than older children. At this age, they

& Braddick, 2008)	7 to 8 (43)						perform better when only allocentric cues are available, compared to when there are only egocentric cues or when both are available.
(Negen, Heywood -Everett, Roome, & Nardini, 2018)	3.5 to 4.5 (21)	-	NC	D	EE	Yes	On those trials where virtual locomotion is not allowed, children from 3.5 to 4 years old do not perform the task correctly. After 4 years of age, this condition is surpassed, leading to the conclusion that a strictly allocentric point of view is achieved at that age.
(Newcombe et al., 2010)	2, 3, 4 and 5 (86)	-	NC	P	EM	Yes	At 2 and 3 years of age, children are able to use regular and complex geometric environments for reorientation - octagonal environment -. This information can also be used after 3 years of age, but they also begin to be able to use non-associative cues (colour) and spatial relationships (<i>to the left, to the right</i>). At 4 years of age, they are able to establish geometric relationships between the elements of the environment, guided by a distinctive landmark, as long as this task is carried out in a large environment with regular characteristics.
(Pentland, Anderson, Dye, & Wood, 2003)	5 and 6 (60)	-	NC	D	-	Yes	At 5 and 6 years of age, using non-coincident environmental cues, the children correctly perform the task when they have to find 2 objects among 5 possible boxes, but not when there are 4 objects among 9 possible boxes.
(Piccardi et al., 2014; Piccardi, Leonzi, D'Amico, Marano, & Guariglia, 2014)	6 to 11 (129)+ 4 to 11 (268)	Yes	-	-	EM	Yes	Children of 6 years achieve lower scores in than older peers. The topographical span in children under 6 years of age is around 2 items, although this increases successively at different ages, with no differences between genders.
(Piccardi, Palermo, Bocchi,	6 to 11 (81)	Yes	NC	P	EM	Yes	Age is related to the ability to understand terminology related to spatiality, as well as to learn a route when

& Guariglia, 2015)							landmarks are available and later to recognize such landmarks among possible distractors. Thus, the younger age group (6 years) performs worse than their older peers on such tasks. It is also pointed out that a better understanding of spatial grammar is related to a better ability to locate landmarks, stressing that language is a capacity to be taken into account in spatial orientation.
(Ribordy, Jabès, Banta Lavenex, & Lavenex, 2013; Ribordy Lambert, Lavenex, & Banta Lavenex, 2017)	2 to 5 (82 + 40)	-	C + NC	D	EM	Yes	Between 2 and 5 years old, high performance with coincident cues is achieved. For non-coincident cues, the children are able to perform the task at 2 years old when they have to choose the right place among 4 possible locations, but at 3.5 years they are able to perform the task when they have to choose between 18 locations, increasing performance with 2 and 3 rewards at 5 years old.
(Rodríguez-Andres, Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Lluch, 2016; Rodriguez-Andres, Mendez-Lopez, Juan, & Perez-Hernandez, 2018)	5 to 10 (160)	-	NC	P + D	EE	No / Yes **	Children of 5 and 6 years old, compared to their older peers, are not able to remember the position of 3 objects on a table within a virtual environment that only allowed the use of allocentric cues, both distal and proximal, and they also took a longer time to complete the task, compared to older groups.
(Ruggiero, D'Errico, & Iachini, 2016)	6 to 7 + Older children + Adults	Yes	NC	P	-	No	Children from 6 to 7 years old obtain worse performance, as well as a higher latency, than the rest of child and adult age groups, although its execution was comparable to the 70 to 89 years old group. This indicates that the effectiveness of spatial judgments takes a form of "U"

	(283)						inverted throughout the vital cycle, being more marked for allocentric judgments.
(Schmuckler & Tsang-Tong, 2000)	6 months (40)	-	C + NC	P + D	EE	No	Infants at 6 months of age are able to recognize allocentric distal and proximal cues, and in spite of still lacking locomotion, they perform better when a situation of "self-movement" is recreated, leading to the idea that the ability to move has a close relationship with the correct spatial orientation.
(Smith et al., 2008)	3, 5 and 7 (36)	-	C + NC	P + D	-	Yes	Proximal and coincident cues facilitate orientation at all ages, as well as when the task is performed in large spaces, although the higher the age of the children, the greater the performance on reorientation in small spaces. Distal environmental cues begin to be used at 3 years old, but they are less used when the target locations are close to the child. At age 6, they use distal landmarks in any type of environment size, related to the capacity of integration of both types of allocentric information, both distal and proximal.
(Twyman, Friedman & Spetch, 2007)	4 and 5 (52)	-	C + NC	P	EM	Yes	Children at 4 and 5 years of age who are previously trained (learning an environmental cue - colour - in an environment without any possibility of encoding geometric cues) are able to transfer the spatial information to other different environments to orient themselves. They are capable of using visual cues, such as colour or the arrangement of elements in the room, for reorientation, despite the absence of previous training.
(van den Brink & Janzen, 2013)	2.5 to 3 (45)	-	C + NC	P + D	EE	No	At 2.5 years, children achieve better performance if there are environmental cues present and if the condition is congruent (if the virtual rotation of the subject and the direction of the target are the same). At 3 years old,

							achievement is equally correct in all experimental conditions.
(Vasilyeva & Bowers, 2006)	3, 4, 5 and 6 (270)	Yes	C + NC	P + D	-	Yes	Children from 3 years of age are able to use geometric information to reorient and transfer it to a 2D map, even when the information is not aligned and in the same position (but rotated 90 or 180), avoiding a purely egocentric response. When the information provided does not have a continuous pattern, but the children themselves have to establish the geometric relationship configuration (for example, presenting them with a complete triangle vs. presenting them with 3 sticks corresponding to the vertex), the performance at 3 years old is poor, but it increases in each age group.
(Waismeyer & Jacobs, 2013)	3 to 4 (74)	Yes	C + NC	P + D	-	No / Yes**	Despite having been rotated, children were able to omit egocentric information and emit an allocentric response. When coincident cues are available, children aged 3 and 4 use these cues more than non-coincident cues. If there are no coincident cues, they prefer to use object-relative positions versus using distinctive proximal landmarks. Children at age 4 are able to locate the correct location in the presence of a single cue, but they are not able to do so at 3 years old.
(Yousif & Lourenco, 2017)	2.5 to 4.5 (84)	-	NC	P	EM	Yes	Between the ages of 2.5 and 5, children are able to use allocentric cue for their reorientation if the distances of the walls are placed, but also the length of the walls, when the amount of non-relevant information is limited.

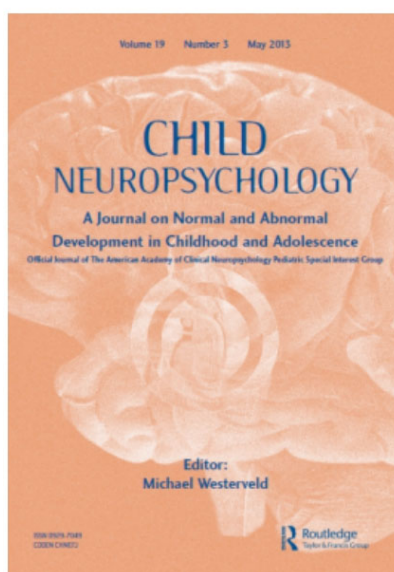
C= Coincident landmarks, NC= Non-coincident landmarks; D= Distal landmarks; P= Proximal landmarks; EE=Electronic equipment; EM=Environmental modifications.

*self-movement is restricted, but allowed

**self-movement is allowed depending on the experiment carried out in the same paper and/or the experimental conditions.

Trabajo original II

Child Neuropsychology



Development of visuospatial memory in preterm infants: a new paradigm to assess short-term and working memory

Journal:	<i>Child Neuropsychology</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keywords:	prematurity, preterm, visuospatial memory, cognition, temperament

SCHOLARONE™
Manuscripts

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/ncny> Email: NCNY-peerreview@journals.tandf.co.uk

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Title page:

Development of visuospatial memory in preterm infants: a new paradigm to assess short-term and working memory

Running head: Development of spatial memory in preterm infants

For Peer Review Only

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Abstract

Preterm infants have a higher risk of showing neuropsychological difficulties throughout childhood. One of the neuropsychological skills affected is visuospatial memory, the function that allows us to encode and remember visual and spatial information. Although this capacity has been studied in late childhood in preterm children, its evaluation in earlier moments of development, before 2 years of age, is still scarce, and the results are contradictory. Therefore, our aim was to evaluate short-term and visuospatial working memory performance in a premature sample followed longitudinally at 12, 15, 18, and 22 months, and compare their performance with that of full-term children. We used previously published tasks as our experimental paradigm. We also aimed to analyze the course of mnemonic development in premature infants and relate their memory performance to other cognitive abilities and behavioral tendencies. Our results showed that preterm children scored lower than full-term children on visuospatial short-term and working memory at 12 and 22 months of age, although these results varied depending on the memory test used. Preterm children's memory results showed that these skills improve in this population between the first and second year of life. Finally, memory performance was associated with the level of cognitive development, the presence of proactive or disruptive behaviors, and the presence of a difficult temperament style. Our findings suggest that it is possible to detect visuospatial memory difficulties in the premature population before the age of two.

Keywords: preterm; prematurity; visuospatial memory; cognition; temperament.

Introduction

Preterm births, those that occur before 37 weeks, are increasing in developed countries, with an estimated 8-11% of children being born before their due date (Beck et al., 2010). Thus, current efforts are aimed at greater prevention in cases with higher risk factors, such as the age of the mother (both very young and very old ages are a risk factor), in vitro fertilization, chronic diseases in the mother, multiple pregnancies, etc. (Blencowe et al., 2013), and at improving the possible risks derived from prematurity (Allen, 2008).

This higher risk could affect several aspects of the neurodevelopment of this population. First, there is a greater presence of behavioral problems. Most studies find that these children tend to show maladaptive behaviors throughout childhood, mainly internalizing (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus, van Goudoever, & Oosterlaan, 2009; Cassiano, Gaspardo, Furini, Martinez, & Martins Linhares, 2016), but also externalizing (Potijk, De Winter, Bos, Kerstjens, & Reijneveld, 2012). In addition, at early stages of development, when the temperamental style is often considered in addition to behavior, i.e. the child's general behavioral tendency, results show that children tend to show a higher level of extraversion, but also inattention (Cassiano, Provenzi, Linhares, Gaspardo, & Montiroso, 2020; Cassiano, Gaspardo, Facioli, Martinez, & Linhares, 2017), although not all studies agree with these findings (Sajaniemi et al., 2001; Sun, Mohay, & Callaghan, 2009). Focusing on cognitive performance, findings have shown that premature children often present difficulties in executive functioning and attention skills (Loe, Chatav, & Alduncin, 2015). However, memory is also an ability that may be affected in premature babies throughout childhood (Aanes, Bjuland, Skranes, & Løhaugen, 2015; Fernandez-Baizan, Alcantara-Canabal, Solis, & Mendez, 2020; Omizzolo et al., 2014).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Memory function allows us to store and retrieve information for a brief time (short-term memory) and manipulate it while we hold it in our minds (working memory) (Baddeley, 1997). This memory feeds directly on the visual perception or the generation of a previously stored visual image, and it oversees the maintenance and visuospatial manipulation of these images. The first evidence of visuospatial short-term memory appears to emerge around 6 months of age, when infants are able to detect changes in the position of previously presented items (Oakes, Hurley, Ross-Sheehy, & Luck, 2011) and anticipate the position of previously seen stimuli (Gilmore & Johnson, 1995; Reznick, Morrow, Goldman, & Snyder, 2004). Therefore, visuospatial memory, which encodes and retrieves visual and spatial information, is one of the first types of memory to emerge in childhood.

This visuospatial short-term and working memory function is found to be impaired in most of the studies that assess preterm children in different stages of development: in early childhood at 3 years old (Baron, Erickson, Ahronovich, Litman, & Brandt, 2010) and from 3 to 4 years old (Caravale, Tozzi, Albino, & Vicari, 2005), in later childhood at 6 (Clark & Woodward, 2010) and 11 years old (Fitzpatrick, Carter, & Quigley, 2016), and even in adolescence (Saavalainen et al., 2007) and adulthood (Aanes et al., 2015). However, the findings in younger preterm children are still controversial.

Some studies that evaluate this ability, mainly through tasks based on the classic A non-B paradigm (Piaget, 1954) with certain modifications (Lowe, Maclean, Shaffer, & Watterberg, 2009; Matthews, Ellis, & Nelson, 1996; Sun et al., 2009; Wilcox, Nadel, & Rosser, 1996) and new protocols (Woodward, Edgin, Thompson, & Inder, 2005), find that this ability is already affected at these early ages in prematurity (Sun et al., 2009; Woodward et al., 2005). However, not all studies agree, with some finding that their performance is comparable to that of children born at term (Wilcox et al., 1996) and others finding that they exceed it (Matthews et al., 1996). However, there are numerous methodological differences between these investigations, such as the number of possible locations used - from 2 (Lowe et al., 2009; Matthews et al., 1996; Wilcox et al., 1996) to 3 (Sun et al., 2009; Woodward et al., 2005), whether they impose a delay period (Matthews et al., 1996; Sun et al., 2009; Wilcox et al., 1996) or not (Lowe et al., 2009; Woodward et al., 2005), and whether they employ a version of the visual (Wilcox et al., 1996) or manipulative task (Lowe et al., 2009; Sun et al., 2009; Woodward et al., 2005) or both (Matthews et al., 1996), making it difficult to compare their results. In addition, studies of children born at term indicate that, from the age of 8 months, they can perform memory tasks based on at least 4 locations, both visual and manipulative (Pelphrey et al., 2004), and tolerate a delay of up to 15 seconds (Baillargeon, Devos, & Gruber, 1989). Therefore, it is possible that introducing more complex and complete memory tasks may help to characterize the mnemonic profile of preterm children.

In addition, this population may present cognitive problems that are detected in early childhood but continue until later stages of development - including visual memory and visuospatial abilities - (Lind, Nyman, Lehtonen, & Haataja, 2019). These limitations have an impact on different spheres of their lives: academic (Aarnoudse-Moens et al., 2009; Twilhaar, De Kieviet, Aarnoudse-Moens, Van Elburg, & Oosterlaan, 2017) and quality of life in general (Vieira & Linhares, 2016). For this reason, assessing memory in the preterm population at these early ages seems relevant in order to detect possible difficulties and initiate early intervention to minimize their impact on the child's life in the medium and long term.

Thus, our main aim was to compare the performance of full-term and preterm infants from 12 to 22 months of age on their visuospatial short-term and working memory capabilities using two

1
2
3 tasks, one previously employed to evaluate working memory in control populations and our own
4 experimental protocol, which makes it possible to evaluate location memory through four
5 possible positions, tolerance of delay, and the ability to update previously-learned information.
6 We hypothesized that control children would outperform preterm children on these visuospatial
7 memory measures. We also set out to trace the developmental course of visuospatial short-
8 term and working memory in premature children, and relate their performance on the different
9 aspects of memory to other variables the literature has found to be potentially affected in this
10 population, such as cognitive development, behavior, or temperament. We hypothesize that
11 between 12 and 22 months, we will see an improvement in the performance of premature
12 infants, and that their performance on memory tasks will be directly related to their level of
13 cognitive development, their behavior during the session, and their predominant temperament
14 style.
15
16

17 18 19 Methods

20 21 Participants

22
23 The Preterm sample consisted of 15 children (8 boys and 7 girls) who were followed
24 longitudinally at 12, 15, 18, and 22 months. Assessment took place between September 2018
25 and December 2019 in the Central University Hospital of Asturias (HUCA), Oviedo, Spain. Only
26 children born before 37 weeks of gestation were included in the study. Death, lack of follow-up,
27 and cases with a diagnosis of congenital malformations or syndromes leading to severe
28 neurological disorders were ruled out. From an initial sample of 48 children who met the
29 inclusion and exclusion criteria, 28 families did not respond or declined to participate. Thus, 20
30 children and their families began the study, although 5 of them did not complete the four follow-
31 up measures. The Control sample was composed of 65 infants (32 boys and 33 girls) measured
32 transversally at 12, 15, 18, or 22 months of age. Evaluations were carried out between October
33 2017 and May 2019 in pre-schools in Oviedo, Spain. Absence of neurological illnesses or
34 traumatic events, absence of visual or hearing impairments, and having been born after 37
35 weeks of gestation were established as inclusion criteria. Initially, 74 participants started the
36 study, but 9 infants were not included in the final sample due to lack of collaboration during the
37 evaluation or not allowing us to apply all the tests included in our study.
38
39

40
41 Parents from both groups received information about the study aims, and they gave their
42 written informed consent before the study began. The Local Research Ethics Committee
43 approved this study, which was carried out according to the Helsinki Declaration for biomedical
44 research involving humans.
45
46

47 48 Materials and measures

49
50 All the infants' visuospatial short-term and working memory and general cognitive development
51 were measured while the parents completed some questionnaires. Children's medical risk
52 factors were also included in the assessment.
53

54
55 For the memory assessment, two tasks were employed: one previously used, the Hide and Seek
56 task (Garon, Smith, & Bryson, 2014), and another one designed for this study, Baby-Mnemo.
57

58
59 The Baby-mnemo (BM) task was designed to assess different aspects of visuospatial memory in
60 infants and toddlers (Figure 1). It consisted of a wooden mobile drawer with two main areas:
one with six pushbuttons with light and the other with six platforms placed parallel to the

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

pushbuttons that can be lifted vertically by the examiner with the levers located on the back of the device. Other elements on the back of the drawer were six switches that activated the light of the corresponding pushbutton. A blanket was used to cover the right side of the drawer (two pushbuttons and their two respective platforms) in order to minimize the attention span. Previous studies with children under two years of age have used as many as four hiding places on memory tasks (Garon et al., 2014; Pelphrey et al., 2004).

The Baby-mnemo task included three consecutive phases: Recall of Location, Tolerance to periods of Delay, and Updating of previously learned information (Appendixes 1, 2, and 3, respectively). However, the administration of the protocol started with object familiarization and training with the device.

First, the examiner showed and named four small toys and let the child play with them for roughly 2 minutes. The aim was to find out the child's preferred stimulus, in order to try to achieve higher motivation and attention levels during the tasks. The toy selected for the Baby-mnemo assessment was the one that was touched, pointed to, looked at, and/or named the most by the child.

During training with the Baby-mnemo drawer, the device was shown to the child for the very first time. The pushbuttons were accessible to the child, who was placed in front of the drawer, whereas the levers were next to the examiner, who was located behind it. The child was allowed to explore and touch the buttons. After that, the examiner turned on the corresponding light so that the child could observe that when a button was pressed, a light went on. During this familiarization phase, the examiner noted which button was employed the most, that is, the one looked at, pressed, pointed at, etc., the most by the child. Then, the examiner picked up the toy previously chosen and, while trying to keep the child's attention, lifted the lever associated with the most used pushbutton, placed the toy on the surface, and took it down. After that, the examiner touched the corresponding pushbutton, turned on its light, and raised the lever again. These three consecutive actions were called *Examiner examples*, and they were repeated three times. After these three *Examiner examples*, the evaluator pointed to the correct button and asked the child: "Where is the (name of the toy)?" If the child pressed the appropriate button, the examiner activated the light and lifted the lever with the toy, praising his/her performance. If the child pressed another button that was incorrect, the examiner said: "The (name of the toy) is not here. Where is the (name of the toy)? Try here", pointing again to the correct button. If the child did not answer or tried to retrieve the toy directly from the hole in the lever, the examiner pointed at the right button and told him/her: "Where is the (name of the toy)? Try here". After this second chance, if the child touched the correct button, the examiner turned on the light, held up the toy, and verbally reinforced his/her performance. If s/he did not, which included touching another button, not answering, or trying to get the toy directly, three more Examiner examples were given, and the examiner asked for the toy again. These sequences (three examiner examples plus asking the child) could be repeated up to six times during the task in order to allow the child to learn how the device worked, but the number of sequences administered to each child depended on his/her performance. If the child gave two correct answers (s/he pressed the appropriate button two times consecutively), this familiarization ended, and the administration of Baby-mnemo started. If the child used up all six sequences without answering correctly two consecutive times, the Baby-Mnemo evaluation did not continue.

Baby-mnemo started with Recall of Location. If the child achieved two consecutive correct trials, the examiner asked for the toy four more times. However, in this phase, she did not point to the

1
2
3 correct button, and so the child had to remember it. The child scored one point for each correct
4 response given. If s/he scored at least two points out of four (maximum score), the next phase
5 of Baby-mnemo was administered. If s/he scored one or zero points out of four, the examiner
6 went back to familiarization. That is, the examiner repeated the three Examiner Examples,
7 asked the child to find the toy by pointing to the pushbutton (a new chance for familiarization),
8 and then asked the child to find the toy again 4 more times without pointing to the pushbutton
9 (a new chance for the Recall of Localization phase). Thus, familiarization with the protocol and
10 Recall of Location alternated up to six times, as explained above, and the Baby-mnemo
11 evaluation ended if the child did not manage to learn (2/4 points) on any Recall of Location trial.
12 Because the child could give four correct answers in each of the six Recall of Location trials, the
13 final score in this phase (BM Location) ranged between 0 and 12, where 0 meant no correct
14 response made by the child, and 12 meant the child had all four correct answers on the first
15 Recall of Location – and so the next Recall of Location phases were not administered, but their
16 maximum score was assumed –.

17
18
19
20 In the next phase of Baby-mnemo, Delay, the child was not allowed to answer to retrieve the
21 toy during an increasingly long delay. To do so, the examiner completely covered the drawer
22 with the fabric for 2 seconds and uncovered it once the delay was over, then asking the child:
23 “Where is the (name of the toy)?”. If the child gave a correct answer, the next rehearsal
24 increased by 2 seconds (4 seconds in this case). After a correct trial, the delay time was increased
25 two seconds in each new trial (4", 6", 8", etc.), until reaching a maximum of 30 seconds. If the
26 child gave an incorrect answer – pushed another button, did not respond, tried to retrieve the
27 toy directly, etc. –, another trial with the same delay (2 seconds in this case) was performed. If
28 the child succeeded this time, the delay increased by 2 seconds; if not, the Delay phase ended.
29 Scores in this phase ranged between 0, where the child did not manage to tolerate any seconds
30 of delay, and 30, where the child was able to tolerate 30 seconds of delay.

31
32
33
34 In the last phase, Update, the child had to retrieve the toy using the rest of the pushbuttons.
35 Thus, the examiner took the toy and placed it on a different platform, one of those not
36 previously used, chosen randomly. Then, she lowered the platform and asked the child to
37 retrieve the toy (“Where is (name of the toy)?”). If the child pressed the new button, equivalent
38 to the new platform, his/her performance was reinforced, and s/he received three points on
39 this first trial. If the child did not answer correctly, his/her score was zero, and the examiner
40 showed him/her how to retrieve the toy: she touched the new pushbutton and held up the toy.
41 Then, the child was encouraged to try again. If s/he was accurate, s/he received two points on
42 this second trial; if not, s/he scored zero again, and the examiner performed two additional
43 demonstrations. If, on this third attempt, the child managed to press the new button, s/he
44 received one point; otherwise, s/he scored zero. Thus, using the same platform, the child could
45 learn on the first trial (three points), second trial (two points), third trial (one point), or not at all
46 (zero points). This same methodology was followed in the next two blocks, where the toy was
47 moved back to the two remaining platforms that had not previously been used. The range of
48 total scores in this phase, BM Update, was between 0 and 9.

49
50
51
52 In the original study, the Hide and Seek (HS) task was proposed (Garon et al., 2014) for working
53 memory assessment in children between 1.5 and 5 years old. This task used two large boxes
54 with lids that contain small boxes with lids. One of the two large boxes only had one small box
55 inside it that was used for the training phase. The other large box had four small boxes, placed
56 equidistantly in the center of the bigger box, which was employed for the assessment phase.
57 During training, the child’s preferred toy, as described in Baby-mnemo, was selected and moved
58
59
60

1
2
3 in front of the child to catch his/her attention. Then, the examiner hid the toy in the small box,
4 closed the lid of the small box and then the large box, and after a brief delay (4 seconds for 12-
5 month-olds, 6 seconds for 15-month-olds, and 10 seconds for 18- and 22-month-olds)
6 encouraged the child to retrieve it. After this procedure had been performed twice, the
7 assessment started with the larger box. Once again, the toy was hidden in one of the four small
8 boxes, and the child was asked to find it after the delay. This procedure was performed four
9 times, one for each small box. From this task, several measurements were obtained: the HS
10 Retention (score on the first two trials, from 0 to 8), the HS Update (score on the last two trials,
11 from 0 to 8), HS Errors (score for total mistakes during the task, from 0 to 16), and HS Correct
12 Answers (score for total right answers, from 0 to 16).
13
14

15
16 For general cognitive assessment, the cognitive battery from the Merrill-Palmer Revised Scales
17 of Development (MP-R) was employed, which included variables such as Cognition, Fine Motor
18 Skills, Receptive Language, Visuomotor coordination, and a General Cognitive Index. Two
19 questionnaires from these scales were also used. On the first, Behavior during evaluation, the
20 examiner scored different types of behavior the child displayed during the evaluation, and
21 several measurements were obtained: for children aged 12 and 15 months: Irritability,
22 Attention, and Fear and caution (MP-R B Irritability, MP-R B Attention, and MP-R C Fearful,
23 respectively); and for children aged 18 and 22 months: Organization and cooperation, Activity
24 and diligence, and Anger and poor collaboration (MP-R B Organized, MP-R B Active, and MP-R B
25 Angry, respectively). The second questionnaire was the Temperamental Style, where parents
26 scored the child's emotional reactions and behaviors in regular contexts, providing the measures
27 of Easy and Difficult Temperament for children 12 and 15 months old, and Easy, Difficult and
28 Fearful for children 18 and 22 months old (MP-R T Easy, MP-R T Fearful, and MP-R T Difficult).
29
30
31

32 Procedure

33
34 Parents received information about the aims of the study by letter and/or telephone, and they
35 signed the informed consent before the evaluation began. Then, the assessment was performed
36 in a single session that lasted approximately one hour. Evaluation sessions were carried out in
37 their own pre-schools, in the case of control children, and in the local hospital in the case of
38 preterm children. The protocol started with the Hide and Seek task, followed by Baby-mnemo
39 and, lastly, the Merrill-Palmer Scales. At the end of the assessment, both the examiner and the
40 parents completed the questionnaires. Neonatal variables for the preterm children, such as
41 gestational age, birth weight, and the presence of perinatal risk factors, were obtained from
42 medical records.
43
44

45 Statistical analysis

46
47 Analyses were performed with SPSS Version 24. Neonatal measures from the preterm children
48 and sociodemographic data from both groups were analyzed descriptively, in terms of means,
49 standard deviations, and percentages. Saphiro-Wilk was used to test normality, and Levene was
50 employed to check homogeneity. The Mann-Whitney test was employed to compare the two
51 groups on Baby-mnemo, Hide and Seek, Merrill-Palmer-R, and temperamental style. Friedman's
52 statistic was used to analyze the longitudinal measurements obtained from the preterm sample
53 on Baby-mnemo and Hide and Seek, employing Wilcoxon corrected by Bonferroni in post-hoc
54 comparisons. Spearman correlations were used to relate the Baby-mnemo performance with
55 the other cognitive and behavioral measurements, as well as gestational age and birth weight,
56 in preterm children.
57
58
59
60

Results

Sociodemographic data

The main sociodemographic data for the premature and control samples are shown in Table 1. The neonatal measures of the preterm children can be found in Table 2. In addition, the level of cognitive development of the children in the sample was analyzed descriptively as a percentage. In the control sample, although all the children achieved a generalized developmental index within normative values, four children obtained values below average (<1SD) on the Fine Motor Skills measure (6.15%), and two children on the Cognitive measure (3.07%). In preterm children, six children scored below average (<1SD) on the General Cognitive Index (10%), and three obtained lower scores than average on the Cognitive scale (5%) and Fine Motor Skills (5%). Means and standard deviations for both groups on the Merrill-Palmer-R subscales are shown in Table 3.

Comparison between control and preterm infants

First, the Baby-mnemo measures (BM Location, BM Delay, BM Update) in the control and preterm groups were compared according to their age using Mann-Whitney's U. We found significant differences between controls and preterm children at 22 months on BM Location ($U=74$; $p=0.048$, $r=0.360$) and BM Update ($U=55$; $p=0.014$, $r=0.450$). In both cases, controls obtained better results (Figure 2A). However, we did not find significant differences between controls and preterm children in the remaining age groups ($p>0.05$).

Differences between groups on the Hide and Seek task (Retention, Update, Correct answers, Errors) were also examined using Mann-Whitney's U. Thus, at 12 months, we found statistically significant differences in Errors ($U=74.5$; $p=0.006$; $r=0.471$) and Correct answers ($U=89.5$; $p=0.023$; $r=0.388$), where controls made fewer errors and had a greater number of right answers compared to preterm children (Figure 2B). However, no differences were found on the Retention and Update measures; nor did we observe differences in any of the variables in the comparison of the older groups ($p>0.05$).

Course of memory development in preterm

We compared memory performance in the preterm group across the different ages using Friedman's statistic. Starting with Baby-mnemo, we found significant differences between ages on BM Location ($\chi^2_3=8.289$; $p=0.040$) and BM Delay ($\chi^2_3=12.475$; $p=0.006$), but not on BM Update ($p=0.277$). In the two-to-two comparisons using the Wilcoxon statistic, corrected by Bonferroni (considered significant when $p<0.008$), we only found significant differences between 12 and 22 months ($p=0.004$; $r=0.531$) and between 15 and 22 months ($p=0.003$; $r=0.545$) on BM Delay, whereas the differences in BM Location did not remain significant ($p>0.008$) (Figure 3A). In both comparisons, preterm infants were able to tolerate significantly longer delays at 22 months, compared to 12 and 15 months. Regarding Hide and Seek, using Friedman's statistic, we found significant differences in HS Retention ($\chi^2_3=13.455$; $p=0.004$), HS Update ($\chi^2_3=10.488$; $p=0.015$), HS Errors ($\chi^2_3=24.840$; $p<0.001$), and HS Correct answers ($\chi^2_3=20.056$; $p<0.001$). In the post-hoc analyses using Wilcoxon corrected by Bonferroni (considered significant when $p<0.008$), we found that these differences were observed on Retention at 12 and 22 months ($p=0.006$; $r=0.353$), Update at 12 and 18 months ($p=0.007$; $r=0.345$) and 12 and 22 months ($p=0.003$; $r=0.382$), errors at 12 and 18 months ($p=0.002$;

1
2
3
4 $r=0.395$) and 12 and 22 months ($p=0.001$; $r=0.425$), and Correct answers at 12 and 18 months
5 ($p=0.005$; $r=0.360$) and 12 and 22 months ($p=0.001$; $r=0.410$) (Figure 3B). In all these cases,
6 preterm children performed better with age.

7
8 Relationship between visuospatial memory and cognitive development, behavior and
9 temperament, and gestational age and birth weight in preterm children

10
11 First, we set out to analyze the possible relationships between the Baby-Mnemo sub-tasks and
12 the Merrill-Palmer R scale (Table 4). On the one hand, we found that BM Total Location was
13 significantly related to the General Index ($r=0.357$; $p=0.003$), Cognition ($r=0.341$; $p=0.005$), Fine
14 Motor Skills ($r=0.370$; $p=0.002$), and Visuomotor Coordination ($r=0.316$; $p=0.010$). On the other
15 hand, BM Delay was significantly associated with the General Index ($r=0.485$; $p<0.001$),
16 Cognition ($r=0.399$; $p=0.001$), Fine Motor Skills ($r=0.478$; $p<0.001$), Receptive Language ($r=0.446$;
17 $p=0.001$), and Visuomotor Coordination ($r=0.396$; $p=0.001$). Finally, BM Update was significantly
18 related to the General Index ($r=0.373$; $p=0.002$), Cognition ($r=0.313$; $p=0.011$), Fine Motor
19 ($r=0.338$; $p=0.006$), Receptive Language ($r=0.304$; $p=0.030$), and Visuomotor Coordination
20 ($r=0.280$; $p=0.023$).

21
22 Next, the behavioral measures during the session were correlated with Baby-mnemo
23 performance. In this case, we considered each age measure separately because this scale offers
24 different measures for each age. Thus, at 12 and 15 months, no significant associations were
25 found between the behavior shown by the child and the scores on Baby-mnemo. However, at
26 18 months, Angry behavior was significantly associated with lower scores on BM Location ($r=-$
27 0.652 ; $p=0.011$) and BM Delay ($r=-0.592$; $p=0.026$), whereas Organized behavior was
28 significantly related to BM Update ($r=-0.534$; $p=0.049$). At 22 months, we found that Angry
29 behavior was significantly related to poor performance on BM Location ($p=-0.637$; $p=0.011$), BM
30 Delay ($r=-0.696$; $p=0.004$), and BM Update ($r=-0.780$; $p=0.001$), and Organized behavior
31 ($r=0.554$; $p=0.032$) and Active behavior ($r=0.629$; $p=0.012$) were significantly associated with
32 higher scores on BM Delay.

33
34 Temperamental styles were correlated with Baby-mnemo measures. Although we did not find
35 a significant association between temperament and Baby-mnemo performance at 12 months,
36 at 15 and 18 months we observed that Difficult temperament was significantly associated with
37 lower scores on BM Location at 15 months ($r=-0.557$; $p=0.020$) and 18 months ($r=-0.627$;
38 $p=0.016$).

39
40 Finally, the possible associations between gestational age and birth weight and the Baby-
41 mnemo variables were analyzed. No statistically significant differences were found between
42 these measurements.

43 44 Discussion

45
46 The main purpose of this research was to evaluate different aspects of visuospatial memory
47 before the age of 2 in a population at risk for the development of neuropsychological problems,
48 premature children. Although most of the studies agree that these problems are shown by older
49 preterm children, to date, studies that include earlier stages still find contradictory results. Thus,
50 our study adds to all this previous literature, trying to clarify whether or not this ability is
51 affected at these ages in the preterm population. In addition, these mnemonic measures have been
52 complemented by others, such as generalized cognitive development and temperamental style,
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 thus providing a greater characterization and a more global profile of this population. We have
4 also verified how these memory capacities could evolve and develop in premature children at
5 the ages measured, and whether memory performance has any type of relationship with other
6 cognitive and/or behavioral measures and with some characteristics of the neonatal stage.
7

8
9 First, we analyzed whether there were differences in visuospatial short-term and working
10 memory between term-born and preterm infants. Starting with the Baby-mnemo task, we found
11 that at 22 months, preterm infants performed less well than full-term infants on visuospatial
12 memory, specifically, on the ability to remember one location out of four (Location) and
13 manipulate and update that information once it has been learned (Update). These results are
14 comparable to some previous studies. In relation to location learning, on tasks that include 3
15 possible locations, children born very prematurely require a greater amount of time and trials
16 to remember the location at 24 months (Woodward et al., 2005), and extremely low birth weight
17 3-year-olds also need a greater number of trials to learn the location of 9 cards on a grid (Baron
18 et al., 2010).
19

20
21 However, it seems that preterm and control infants were able to tolerate approximately the
22 same period of delay. Previous findings are relatively contradictory, with studies finding that,
23 at younger ages (2.5 to 6.5 months), preterm children perform as well as controls (Wilcox et al.,
24 1996), whereas at 8 months, they perform less well (Sun et al., 2009), or at 7 to 15 months, they
25 outperform full-term infants (Matthews et al., 1996). At older ages, 3 to 4 year old preterm
26 children perform below controls when the delay is greater than 5 seconds (Vicari, Caravale,
27 Carlesimo, Casadei, & Allemand, 2004). However, these studies used variable delay times
28 ranging from 0 seconds to 30 seconds. Furthermore, most of these studies do not analyze the
29 seconds of delay variable in isolation; that is, they globally consider the performance on the
30 memory task with an imposed delay. Therefore, although it is difficult to draw conclusions based
31 on the available data, the time premature children are able to keep visuospatial information
32 active seems to be equivalent to that of controls, and, therefore, this facet of visuospatial
33 memory would not seem to be affected by prematurity at these ages.
34

35
36 Regarding the ability to update previously learned information, at ages earlier than those of our
37 research, 8 months, preterm children have been found to have greater difficulty in solving an A-
38 not-B task that includes up to 3 locations (Sun et al., 2009), although these difficulties are also
39 found at older ages, such as at 24 months with 3 possible locations (Woodward et al., 2005),
40 and between 2 and 3 years of age with 2 possible locations (Espy et al., 2002). However, this
41 worse performance of the preterm population on A-not-B-based tasks is not confirmed in all
42 studies. Thus, smaller preterm infants, aged 2.5-6.5 months, performed similarly to controls on
43 a visual task (Wilcox et al., 1996), and more than half of an extremely low birth weight preterm
44 sample assessed at 18-22 months managed to solve a manipulative version of this task (Lowe et
45 al., 2009). Moreover, preterm infants from 7 to 15 months of age at their corrected age
46 outperformed controls on both visual and manipulative tasks (Matthews et al., 1996).
47 Furthermore, if the task involves several trials in the same location (A), then changing that
48 location to a new one (B) and focusing more on the ability to update or shift, 2 to 3 year old
49 premature children and controls perform equally (Espy et al., 2002). This great variability in the
50 results can occur for different reasons. One of the main ones would involve the characteristics
51 that define the premature sample in each study, not only the number of children evaluated or
52 the ages recorded, but also their neonatal variables, such as gestational age, birth weight, head
53 circumference, and other perinatal risk factors. Another possible reason would be differences in
54 the methodologies used. Although all these tasks are based on the A-not-B paradigm, some
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

include a third location (Sun et al., 2009), although they do not necessarily use it as a target location, but rather as a distraction (Woodward et al., 2005). Some studies employ a manipulative version (Espy et al., 2002; Lowe et al., 2009; Sun et al., 2009; Woodward et al., 2005), others use a visual one (Wilcox et al., 1996), and others use both (Matthews et al., 1996). In addition, some impose a period of delay, as we have already mentioned (Espy et al., 2002; Matthews et al., 1996; Sun et al., 2009; Wilcox et al., 1996), and others do not allow the direct recovery of the object, unlike in the classical paradigm (Woodward et al., 2005). For all of these reasons, it is difficult to draw a definitive conclusion about whether preterm infants under 2 years of age present problems in updating previously learned information, that is, in their visuospatial working memory. Therefore, it would be necessary to have a larger number of studies dedicated to the topic in order to clarify this.

In addition to our own experimental paradigm, we also analyzed a second visuospatial short-term and working memory task. Thus, considering the Hide and Seek task, we observed that, at 12 months, preterm children perform below full-term, making more errors and giving fewer correct responses. However, their performance seems to be equal at later ages. Therefore, we observe that the data obtained from Baby-mnemo and Hide and Seek do not coincide, even though the aim of both tasks is to assess visuospatial short-term and working memory. However, it should be kept in mind that they have different methodologies. Thus, whereas on the Hide and Seek task the toy is hidden in one location and the motor act of accessing that location allows the child to receive the object, on our Baby-mnemo task, the learning the child must do is more complex. Therefore, the location where the toy is hidden (hidden platform) and the location where the child must give a motor response (press the button) do not coincide. That is, the child must be able to establish a spatial and/or causal relationship such that the memorized location (button) leads him to access the object's hiding place (platform). Thus, we could say that the Hide and Seek task, in terms of the development of spatial cognition, employs coincident cues - those where the objective stimulus is directly associated with the particular characteristics of its location or hiding place -, whereas our experimental Baby-mnemo task employs non-coincident cues - where the objective stimulus must be found following relative positions related to the target place -. Previous studies have shown that when the spatial location is not clearly indicated by coincident cues, children persevere until the age of two after changing the initial position of the object (Spencer, Smith, & Thelen, 2001). Although in our Baby-Mnemo task the spatial locations are defined (platforms and buttons), it also requires the children to use non-coincident cues. Therefore, the experimental procedure of Baby-mnemo is more similar to other tasks, such as the MultiSearch MultiLocation (MSML) task used by Woodward (Woodward et al., 2005). The two procedures have several main points in common: the child cannot directly access the hidden toy, but instead must do so by means of another object; and both require a specific training phase in the handling of the apparatus. On the other hand, Hide and Seek presents a methodology more like the A-not-B paradigms, where uncovering or lifting a box leads directly to obtaining the object and does not require as much training in its use. Our procedure undoubtedly adds an extra component of complexity, as does the MSML task, that Hide and Seek does not have. For this reason, Hide and Seek may be more useful for detecting differences between controls and preterm children at earlier ages because its procedure is simpler, and other more difficult procedures, such as Baby-mnemo or MSML, would be useful at more advanced ages.

As mentioned above, these mnemonic capacities are fairly consistently affected in the older premature population, pointing to a possible differential pathway in brain structure development. In typically developed infants and toddlers, most studies find that the

1
2
3 development of the prefrontal lobe supports these abilities and is linked to visual attention
4 functions (Reynolds, Courage, & Richards, 2010), working memory (Cuevas, Bell, & Calkins,
5 2013), and maintenance of information in memory (Baird et al., 2002). In addition, the first two
6 years of life are a period of intense neuronal growth in the prefrontal cortex (Teffer &
7 Semendeferi, 2012)(Li et al., 2013). However, the memory differences found in neuroimaging
8 studies with preterm children point mainly to the affectation of hippocampal areas. At the age
9 of 2 years, very premature and/or very low birth weight children who performed worse on
10 different visuospatial memory tasks had less bilateral hippocampal volume (Beauchamp et al.,
11 2008). In addition, very low birth weight preterm children from 6 to 11 years old have been
12 found to have lower dentate gyrus and subiculum volumes than term children, and lower
13 visuospatial working memory is specifically associated with lower volume in the right dentate
14 gyrus (Aanes et al., 2019). However, although there were no differences on a visuospatial
15 working memory task between very premature or very low weight premature children and
16 controls from 7 to 12 years old, a differential pattern of brain activation was observed during
17 the task: preterm children activated bilateral upper parietal areas, whereas controls activated
18 left frontal regions and right precuneus more. These latter areas were also positively associated
19 with better task performance, regardless of whether they belonged to the control group or the
20 premature group (Mürner-Lavanchy et al., 2014). Moreover, 7-year-old extremely preterm and
21 control children used parietal and prefrontal areas to resolve a visuospatial memory task, but
22 preterm infants showed less activation in the prefrontal regions (Tokariev et al., 2019). This
23 cortical vulnerability has also been found in preterm newborns, with several alterations
24 detected in the microstructural organization of prefrontal, parietal, somatosensory, and visual
25 areas (Bouyssi-Kobar et al., 2018). Therefore, taken together, these findings reflect a possible
26 differential development in the preterm population that not only involves hippocampal
27 structures, but also shows a prefrontal affectation, which together may explain this poorer
28 spatial working memory functioning.

29
30 Furthermore, we have analyzed how visuospatial memory skills develop within the preterm
31 population across different ages measured longitudinally. Starting with Baby-mnemo, we
32 observed that the performance of preterm infants across the different ages measured remains
33 relatively stable in terms of remembering the location of the object and updating its position,
34 but not tolerance of delay, where preterm infants at 22 months were able to maintain a longer
35 delay than when they were 12 and 15 months old. In a longitudinal follow-up from 28 to 60
36 weeks, the older the child, the longer the delay tolerated (Matthews et al., 1996). Although
37 these data were not statistically analyzed, this delay seems to increase progressively in the
38 different follow-ups of the children (Matthews et al., 1996). However, it seems logical to expect
39 that the duration of the ability to retain information in the short term increases with age, even
40 in a few months. Continuing the age-based analysis of the Hide and Seek task, we observed that
41 preterm children performed better at 18 and 22 months of age than at 12 months. Thus, we find
42 that the preterm score decreased in the first follow-up measure but improved slightly at 15
43 months and more noticeably at 18 and 22 months. These results, compared to those obtained
44 on the Baby-Mnemo task, are hardly comparable. On Hide and Seek, there is an improvement
45 in location memory, both short-term and working memory, with age, whereas on Baby-mnemo,
46 only the tolerated delay time increases. As mentioned above, the two tasks have very different
47 methodologies. In addition, the Hide and Seek task does not use increasing delay periods, unlike
48 Baby-mnemo. Therefore, these results suggest that the Hide and Seek test could be more useful
49 for the longitudinal assessment of short-term and working memory development in the preterm
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

population, although its procedure does not allow delay tolerance to be measured. For the latter, the Baby-mnemo paradigm would be more appropriate.

We also set out to relate the performance on Baby-mnemo with other cognitive and behavioral measures in a premature sample. Starting with its association with cognitive development, we observed that there are relationships between almost all the Baby-mnemo sub-tasks and the Merrill-Palmer R subscales in preterm children. The Cognitive and Fine Motor skill subscales generally show the largest effect sizes in their association with the Baby-mnemo measures, followed by Visuomotor Coordination and, finally, Receptive Language. This latter subscale is the only one that does not correlate with all the Baby-Mnemonic measures, only with Delay and Update. Regarding these results, several of the relationships found are coherent with the purpose of the task. Thus, the association with the Cognitive scale indicates that our task requires the implementation of different cognitive functions in premature children. This association between memory tasks (type A-not-B) and scores on the developmental cognitive scales has been found in previous research in this population (Lowe et al., 2009). Moreover, in order to solve the Baby-mnemo task, it is necessary to implement motor behaviors. Previous studies show that preterm children tend to have lower levels of motor or psychomotor development than controls (Sun et al., 2009; Woodward et al., 2005), which may indicate that early motor development is affected in this population, which may have greater influence on other tasks, such as our paradigm. However, this possibility is not sustained in previous studies. When the level of motor development is controlled, preterm children continue to present visuospatial working memory difficulties (Sun et al., 2009). In addition, premature children's performance is equally effective on a memory task in its visual version and its manipulative version (Matthews et al., 1996). Therefore, the influence of motor development on memory tasks seems rather limited. Associations between the Visuomotor coordination subscale and all the memory subtasks have emerged as well. Thus, it seems that preterm children who present better eye-hand coordination could obtain better scores on all the Baby-mnemo subscales. In older preterm children, lower visuomotor skills are found, which are also related to lower excitability of the dominant motor cortex (Flamand, Nadeau, & Schneider, 2012). Therefore, certain visuomotor coordination problems could affect the performance on Baby-mnemo and other tasks that require the child to synchronize eye-hand fine motor movements. Although our task does not require a high level of these skills, they are essential for its resolution because when the correct response is to touch a button, the child needs to have a minimum level of eye-hand coordination to see the button and press it properly. Regarding language, the associations found may seem surprising, considering that our task evaluates memory in a visuospatial, but not verbal, modality. However, there are some aspects to consider. First, the Baby-Memo task has a certain language load because the instructions are given verbally. However, the child does not have to understand oral instructions in order to solve the task because gestures and movements show him/her how to perform it. On the one hand, the possible association between language development and working memory has previously been explored in older typically developed children because the type of memory evaluated is usually verbal (Newbury, Klee, Stokes, & Moran, 2016). On the other hand, in healthy adult subjects, spatial working memory can be related to reading comprehension (Pazzaglia & Cornoldi, 1999). Therefore, it is possible that this association between spatial working memory and oral language comprehension starts at these early developmental stages. However, it is necessary to have more powerful tests that evaluate language at these ages in order to establish whether this association between language and memory really occurs. Finally, the General Index is one of the

1
2
3 scales most interrelated with Baby-mnemo, which makes sense because it consists of the sum
4 of the different subscales, which are also associated with the Baby-mnemo subtasks.
5

6 Analyzing the relationship between Baby-mnemo and the behavior shown during the
7 evaluation, as well as the predominant temperament of the child, we observed a trend where
8 collaborative and proactive behaviors are associated with better mnesic performance, especially
9 in the oldest ages measured, whereas more disruptive behaviors and difficult temperamental
10 styles are related to worse performance at almost all ages. These behavioral findings are
11 consistent with previous studies, which found that on A-not-B tasks, greater emotional
12 regulation in extremely premature children aged 18-22 months was associated with better test
13 performance (Lowe et al., 2009). Although previous literature suggests that older preterm
14 children may have a higher prevalence of disruptive behaviors (Aarnoudse-Moens et al., 2009;
15 Cassiano, Gaspardo, & Linhares, 2016; Johnson & Marlow, 2011; Potijk et al., 2012), we must
16 consider that the behavioral measure used in our study is static; that is, it does not assess the
17 usual behavior of the children in their daily contexts and, therefore, may not be representative
18 of their overall behavior. In this regard, the temperament measure can give us information
19 about the behavioral tendency of the child. Analyzing the temperament style, it seems that the
20 presence of a difficult temperament could worsen memory performance. Although not many
21 studies link temperament to cognition, it does seem that a more reactive temperament may
22 worsen cognitive performance in later childhood, at least in the normative population (Chong
23 et al., 2019; Suor, Stuge-Apple, Davies, & Cicchetti, 2017). In relation to a possible impact on
24 later neurodevelopment, it seems more important to consider behavior than temperament.
25 Thus, it has been found that behavior measured at 2 years, compared to the temperament style,
26 seems to be more associated with language development at 4 years old in a preterm sample
27 (Sajaniemi et al., 2001), with low resistance and poor cooperation behaviors being the best
28 predictors of later language disorders. Nevertheless, given the influence found of a difficult
29 temperament, these data highlight the relevance of considering behavioral and temperamental
30 aspects in the neuropsychological assessment of preterm infants.
31
32
33
34
35
36

37 Finally, we set out to test whether there is an association between gestational age and birth
38 weight in preterm children. However, we did not find these variables to be significantly related,
39 contrary to what was expected based on previous literature where a lower gestational age and
40 birth weight have been related to lower cognitive performance throughout childhood in this
41 population (Fan, Portuguez, & Nunes, 2013; Lemola et al., 2017; Urben et al., 2015). In the
42 specific case of mnesic abilities, the results are more diverse, with some research finding that
43 either gestational age or birth weight is related to lower scores on span and visuospatial working
44 memory (Baron et al., 2010; Fitzpatrick et al., 2016; Saavalainen et al., 2007), whereas other
45 studies have not found these associations (Aanes et al., 2015; Vicari et al., 2004). If we focus on
46 studies that assess memory in preterm children closer to the ages we have included in our
47 research, we find that many authors choose to focus on a particular category according to
48 gestational age, birth weight, or both, implementing this as an inclusion criterion: for example,
49 extremely low birth weight (Lowe et al., 2009) or very low birth weight children (Woodward et
50 al., 2005). In other studies, a more variable preterm sample is included, but the data are
51 analyzed according to gestational age, weight, and perinatal risk (Sun et al., 2009), whereas
52 other studies do not include any classification related to these neonatal variables (Matthews et
53 al., 1996; Wilcox et al., 1996). In general, studies that consider gestational age or birth weight
54 as variables for analysis find that higher risk premature infants perform worse on memory (Sun
55 et al., 2009). However, studies that did not classify the sample found no difficulties in preterm
56 infants, or they even observed better performance in this group (Matthews et al., 1996; Wilcox
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

et al., 1996). Nevertheless, if their characteristics are taken into account, these samples were composed of low-risk children with a mean gestational age equivalent to late or moderate preterm infants, a mean weight that varies between normal and low weight, and no relevant perinatal risk characteristics. Although our sample was not categorized either, it presents a gestational age range of from 30 to 36 weeks. Therefore, a majority of the children were considered moderately premature, with a birth weight located in the low weight category. Moreover, although some children in our sample have some perinatal risk factors, they are not very prevalent. However, in our research we found that the preterm children, although mainly categorized as low risk, presented alterations in their visuospatial location and working memory at 22 months on Baby-mnemo, and at 12 months on Hide and Seek.

In conclusion, our findings show that some mnemonic limitations typically found in older preterm children may already be present before two years of age. However, these differences are found in different developmental stages on different tasks. Thus, simpler memory tasks, such as Hide and Seek, detect difficulties in preterm children at 12 months, and more complex tasks, such as Baby-mnemo, at 22 months. Nevertheless, preterm children are able to improve these skills, especially as they approach two years of age. Furthermore, these mnemonic functions seem to be associated with the development of different cognitive skills, as well as the presence of proactive or disruptive behaviors and a difficult temperamental style.

References

- 1
2
3
4
5
6 Aanes, S., Bjuland, K. J., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. C. (2015). Memory function and
7 hippocampal volumes in preterm born very-low-birth-weight (VLBW) young
8 adults. *NeuroImage*, *105*, 76–83.
9 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.023>
- 10
11 Aanes, S., Bjuland, K. J., Sripada, K., Søltnes, A. E., Grunewaldt, K. H., Håberg, A., ...
12 Skranes, J. (2019). Reduced hippocampal subfield volumes and memory function
13 in school-aged children born preterm with very low birthweight (VLBW).
14 *NeuroImage: Clinical*, *23*(May), 101857.
15 <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101857>
- 16
17 Aarnoudse-Moens, C. S. H., Weisglas-Kuperus, N., van Goudoever, J. B., & Oosterlaan,
18 J. (2009). Meta-Analysis of Neurobehavioral Outcomes in Very Preterm and/or
19 Very Low Birth Weight Children. *Pediatrics*, *124*(2), 717–728.
20 <https://doi.org/10.1542/peds.2008-2816>
- 21
22 Allen, M. C. (2008). Neurodevelopmental Outcomes Of Preterm Birth. *Current Opinion*
23 *in Neurology*, *21*, 123–128. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2011.02463.x>
- 24
25 Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: theory and practice. Revised edition.*
26 Psychology Press.
- 27
28 Baillargeon, R., Devos, J., & Graber, M. (1989). Location memory in 8-month-old
29 infants in a non-search AB task: Further evidence. *Cognitive Development*, *4*(4),
30 345–367. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(89\)90040-3](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(89)90040-3)
- 31
32 Baird, A. A., Kagan, J., Gaudette, T., Walz, K. A., Hershlag, N., & Boas, D. A. (2002).
33 Frontal lobe activation during object permanence: Data from near-infrared
34 spectroscopy. *NeuroImage*, *16*(4), 1120–1126.
35 <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1170>
- 36
37 Baron, I. S., Erickson, K., Ahronovich, M. D., Litman, F. R., & Brandt, J. (2010). Spatial
38 Location Memory Discriminates Children Born at Extremely Low Birth Weight and
39 Late-Preterm at Age Three. *Neuropsychology*, *24*(6), 787–794.
40 <https://doi.org/10.1037/a0020382>
- 41
42 Beauchamp, M. H., Thompson, D. K., Howard, K., Doyle, L. W., Egan, G. F., Inder, T. E.,
43 & Anderson, P. J. (2008). Preterm infant hippocampal volumes correlate with later
44 working memory deficits. *Brain*, *131*(11), 2986–2994.
45 <https://doi.org/10.1093/brain/awn227>
- 46
47 Beck, S., Wojdyla, D., Say, L., Betran, P., Merialdi, M., Requejo, H., & Rubens, C. (2010).
48 *The worldwide incidence of preterm birth : a systematic review of maternal*
49 *mortality and morbidity.* (April 2009), 31–38.
50 <https://doi.org/10.2471/BLT.08.062554>
- 51
52 Blencowe, H., Cousens, S., Chou, D., Oestergaard, M., Say, L., Moller, A., & Kinney, M.
53 (2013). *Born Too Soon : The global epidemiology of 15 million preterm births.*
54 *10*(Suppl 1), 1–14.
- 55
56 Bouyssi-Kobar, M., Brossard-Racine, M., Jacobs, M., Murnick, J., Chang, T., &
57 Limperopoulos, C. (2018). Regional microstructural organization of the cerebral
58 cortex is affected by preterm birth. *NeuroImage: Clinical*, *18*(March), 871–880.
59 <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.03.020>
- 60
61 Caravale, B., Tozzi, C., Albino, G., & Vicari, S. (2005). Cognitive development in low risk
62 preterm infants at 3-4 years of life. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and*

- 1
2
3 *Neonatal Edition*, 90(6), 474–479. <https://doi.org/10.1136/adc.2004.070284>
- 4 Cassiano, Rafaela G.M., Gaspardo, C. M., & Linhares, M. B. M. (2016). Prematurity,
5 Neonatal Health Status, and Later Child Behavioral/Emotional Problems: a
6 Systematic Review. *Infant Mental Health Journal*, 37(3), 274–288.
7 <https://doi.org/10.1002/imhj.21563>
- 8
9 Cassiano, Rafaela G.M., Provenzi, L., Linhares, M. B. M., Gaspardo, C. M., &
10 Montiroso, R. (2020). Does preterm birth affect child temperament? A meta-
11 analytic study. *Infant Behavior and Development*, 58(March 2019), 101417.
12 <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2019.101417>
- 13
14 Cassiano, Rafaela Guilherme Monte, Gaspardo, C. M., Faciroli, R. A. de D., Martinez, F.
15 E., & Linhares, M. B. M. (2017). Temperament and behavior in toddlers born
16 preterm with related clinical problems. *Early Human Development*, 112(June), 1–
17 8. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.06.003>
- 18
19 Cassiano, Rafaela Guilherme Monte, Gaspardo, C. M., Furini, G. C. B., Martinez, F. E., &
20 Martins Linhares, M. B. (2016). Impact of neonatal risk and temperament on
21 behavioral problems in toddlers born preterm. *Early Human Development*, 103,
22 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.09.015>
- 23
24 Chong, S. Y., Chittleborough, C. R., Gregory, T., Lynch, J., Mittinty, M., & Smithers, L. G.
25 (2019). The controlled direct effect of temperament at 2-3 years on cognitive and
26 academic outcomes at 6-7 years. *PLoS ONE*, 14(6), 1–14.
27 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204189>
- 28
29 Clark, C. A. C., & Woodward, L. J. (2010). Neonatal Cerebral Abnormalities and Later
30 Verbal and Visuospatial Working Memory Abilities of Children Born Very Preterm.
31 *Developmental Neuropsychology*, 35(6), 622–642.
32 <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.508669>
- 33
34 Cuevas, K., Bell, M. A., & Calkins, S. D. (2013). EEG and Heart Rate Measures of
35 Working Memory at 5 and 10 Months of Age. *Developmental Psychology*, 48(4),
36 907–917. <https://doi.org/10.1037/a0026448>.EEG
- 37
38 Espy, K. A., Stalets, M. M., Melanie, M., Senn, T. E., Cwik, M. F., & Hamby, A. (2002).
39 Executive Functions in Preschool Children Born Preterm : Application of Cognitive
40 Neuroscience Paradigms. *Child Neuropsychology : A Journal on Normal and*
41 *Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 8(2), 83–92.
42 <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.83.8723>
- 43
44 Fan, R., Portuguese, M., & Nunes, M. (2013). Cognition, behavior and social competence
45 of preterm low birth weight children at school age. *Clinics*, 68(7), 915–921.
46 [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(07\)05](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(07)05)
- 47
48 Fernandez-Baizan, C., Alcantara-Canabal, L., Solis, G., & Mendez, M. (2020).
49 Development of egocentric and allocentric spatial orientation abilities in children
50 born preterm with very low birth weight. *Early Human Development*,
51 141(December 2019), 104947.
52 <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.104947>
- 53
54 Fitzpatrick, A., Carter, J., & Quigley, M. A. (2016). Association of gestational age with
55 verbal ability and Spatial Working Memory at age 11. *Pediatrics*, 138(6).
56 <https://doi.org/10.1542/peds.2016-0578>
- 57
58 Flamand, V. H., Nadeau, L., & Schneider, C. (2012). Brain motor excitability and
59 visuomotor coordination in 8-year-old children born very preterm. *Clinical*
60 *Neurophysiology*, 123(6), 1191–1199.

- 1
2
3 <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.09.017>
- 4 Garon, N., Smith, I. M., & Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for
5 preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, 20(6), 713–
6 736. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.857650>
- 7
8 Gilmore, R., & Johnson, M. H. (1995). Working memory in infancy 6 month-olds
9 performance on two versions of the oculomotor delayed response task. *Journal of*
10 *Experimental Child Psychology*, Vol. 59, pp. 397–418.
- 11 Johnson, S., & Marlow, N. (2011). Preterm birth and childhood psychiatric disorders.
12 *Pediatric Research*, 69(5 PART 2), 22–28.
13 <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e318212faa0>
- 14 Lemola, S., Oser, N., Urfer-maurer, N., Brand, S., Holsboer-, E., Bechtel, N., ... Datta, A.
15 N. (2017). Effects of gestational age on brain volume and cognitive functions in
16 generally healthy very preterm born children during school-age : A voxel-based
17 morphometry study. *PLoS ONE*, 1–13.
- 18
19 Li, G., Nie, J., Wang, L., Shi, F., Lin, W., Gilmore, J. H., & Shen, D. (2013). Mapping
20 region-specific longitudinal cortical surface expansion from birth to 2 years of age.
21 *Cerebral Cortex*, 23(11), 2724–2733. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs265>
- 22
23 Lind, A., Nyman, A., Lehtonen, L., & Haataja, L. (2019). Predictive value of psychological
24 assessment at five years of age in the long-term follow-up of very preterm
25 children. *Child Neuropsychology*, 00(00), 1–12.
26 <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1674267>
- 27
28 Loe, I. M., Chatav, M., & Alduncin, N. (2015). Complementary assessments of executive
29 function in preterm and full-term preschoolers. *Child Neuropsychology : A Journal*
30 *on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 21(3), 331–
31 353. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.906568>
- 32
33 Lowe, J., Maclean, P. C., Shaffer, M. L., & Watterberg, K. (2009). Early Working Memory
34 in Children Born With Extremely Low Birth Weight: Assessed by Object
35 Permanence. *Journal of Child Neurology*, 24(4), 410–415.
- 36
37 Matthews, A., Ellis, A. E., & Nelson, C. A. (1996). Development of Preterm and Full-
38 Term Infant Ability on AB , Recall Memory , Transparent Barrier Detour , and
39 Means-End Tasks. *Child Development*, 67, 2658–2676.
- 40
41 Mürner-Lavanchy, I., Ritter, B. C., Spencer-Smith, M. M., Perrig, W. J., Schroth, G.,
42 Steinlin, M., & Everts, R. (2014). Visuospatial working memory in very preterm
43 and term born children—Impact of age and performance. *Developmental*
44 *Cognitive Neuroscience*, 9, 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.02.004>
- 45
46 Newbury, J., Klee, T., Stokes, S., & Moran, C. (2016). Interrelations between working
47 memory, processing speed and language development in the age range 2-4 years.
48 *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Oct 1;59(5), 1146–1158.
49 <https://doi.org/10.1044/2016>
- 50
51 Oakes, L. M., Hurley, K. B., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2011). Developmental
52 changes in infants' visual short-term memory for location. *Cognition*, 118(3), 293–
53 305. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.007>
- 54
55 Omizzolo, C., Scratch, S. E., Stargatt, R., Kidokoro, H., Thompson, D. K., Lee, K. J., ...
56 Anderson, P. J. (2014). Neonatal Brain Abnormalities and Memory and Learning
57 Outcomes at 7 Years in Children Born Very Preterm. *Memory*, 22(6), 605–615.
58 <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.809765>
- 59
60 Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1999). The role of distinct components of visuo-spatial

- 1
2
3 working memory in the processing of texts. *Memory (Hove, England)*, 7(1), 19–41.
4 <https://doi.org/10.1080/741943715>
5
6 Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., &
7 Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the
8 second half of the 1st year. *Developmental Psychology*, 40(5), 836–851.
9 <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.836>
10
11 Piaget, J. (1954). The construction of reality in the child. (M. Cook, Ed.). *The*
12 *Construction of Reality in the Child.*, pp. xiii, 386–xiii, 386.
13 <https://doi.org/10.1037/11168-000>
14
15 Potijk, M. R., De Winter, A. F., Bos, A. F., Kerstjens, J. M., & Reijneveld, S. A. (2012).
16 Higher rates of behavioural and emotional problems at preschool age in children
17 born moderately preterm. *Archives of Disease in Childhood*, 97(2), 112–117.
18 <https://doi.org/10.1136/adc.2011.300131>
19
20 Reynolds, G. D., Courage, M. L., & Richards, J. E. (2010). Infant Attention and Visual
21 Preferences: Converging Evidence From Behavior, Event-Related Potentials, and
22 Cortical Source Localization. *Developmental Psychology*, 46(4), 886–904.
23 <https://doi.org/10.1038/nrm2621>
24
25 Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working
26 memory in infants. *Infancy*, 6(1), 145–154.
27 https://doi.org/10.1207/s15327078in0601_7
28
29 Saavalainen, P., Luoma, L., Bowler, D., Määttä, S., Kiviniemi, V., Laukkanen, E., &
30 Herrgård, E. (2007). Spatial span in very prematurely born adolescents.
31 *Developmental Neuropsychology*, 32(3), 769–785.
32 <https://doi.org/10.1080/87565640701539535>
33
34 Sajaniemi, N., Hakamies-Blomqvist, L., Mäkelä, J., Avellan, A., Rita, H., & von Wendt, L.
35 (2001). Cognitive development, temperament and behavior at 2 years as
36 indicative of language development at 4 years in pre-term infants. *Child*
37 *Psychiatry and Human Development*, 31(4), 329–346. <https://doi.org/10.1023/A>
38
39 Spencer, J. P., Smith, L. B., & Thelen, E. (2001). Tests of a Dynamic Systems Account of
40 the A-not-B Error: The Influence of Prior Experience on the Spatial Memory
41 Abilities of Two-Year-Olds. *Child Development*, 72(5), 1327–1346.
42 <https://doi.org/Doi.10.1111/1467-8624.00351>
43
44 Sun, J., Mohay, H., & Callaghan, M. O. (2009). A comparison of executive function in
45 very preterm and term infants at 8 months corrected age. *Early Human*
46 *Development*, 85(4), 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.10.005>
47
48 Suor, J. H., Stuge-Apple, M., Davies, P. T., & Cicchetti, D. (2017). A life history approach
49 to delineating how harsh environments and hawk temperament trains
50 differentially shape children’s problem-solving skills. *Journal of Child Psychology*
51 *and Psychiatry*, 58(8), 902–909. <https://doi.org/10.1126/science.1249098>. Sleep
52
53 Teffer, K., & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex. Evolution, development,
54 and pathology. In *Progress in Brain Research* (1st ed., Vol. 195).
55 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00009-X>
56
57 Tokariev, M., Vuontela, V., Lönnberg, P., Lano, A., Perkola, J., Wolford, E., ... Carlson, S.
58 (2019). Altered working memory-related brain responses and white matter
59 microstructure in extremely preterm-born children at school age. *Brain and*
60 *Cognition*, 136(July), 103615. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103615>
61
62 Twilhaar, E. S., De Kieviet, J. F., Aarnoudse-Moens, C. S. H., Van Elburg, R. M., &

- 1
2
3 Oosterlaan, J. (2017). Academic performance of children born preterm: A meta-
4 analysis and meta-regression. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and*
5 *Neonatal Edition*, 322–330. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312916>
6
7 Urban, S., Jonge, L. V. H. De, Barisnikov, K., Pizzo, R., Monnier, M., Lazeyras, F., ...
8 Hüppi, P. S. (2015). Gestational age and gender influence on executive control and
9 its related neural structures in preterm-born children at 6 years of age. *Child*
10 *Neuropsychology*, 7049(June 2016), 0–20.
11 <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1099619>
12
13 Vicari, S., Caravale, B., Carlesimo, G. A., Casadei, A. M., & Allemand, F. (2004). Spatial
14 working memory deficits in children at ages 3-4 who were low birth weight,
15 preterm infants. *Neuropsychology*, 18(4), 673–678. [https://doi.org/10.1037/0894-](https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.4.673)
16 [4105.18.4.673](https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.4.673)
17
18 Vieira, M. E. B., & Linhares, M. B. M. (2016). Quality of life of individuals born preterm:
19 a systematic review of assessment approaches. *Quality of Life Research*, 25(9),
20 2123–2139. <https://doi.org/10.1007/s11136-016-1259-9>
21
22 Wilcox, T., Nadel, L., & Rosser, R. (1996). Location Memory in Healthy Preterm and
23 Full-Term Infants. *Infant Behavior and Development*, 19, 309–323.
24
25 Woodward, L. J., Edgin, J. O., Thompson, D., & Inder, T. E. (2005). Object working
26 memory deficits predicted by early brain injury and development in the preterm
27 infant. *Brain*, 128(11), 2578–2587. <https://doi.org/10.1093/brain/awh618>
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Table 1. Main sociodemographic data of control and preterm sample

		Controls (N=65)	Preterm (N=15)
		Mean (Standard deviation)	
Mother's age		37.21 (4.02)	34.30 (3.79)
Father's age		38.38 (3.74)	37.40 (4.52)
		N (%)	
Girls		33 (50.8%)	10 (50%)
Boys		32 (49.2%)	10 (50%)
Mothers' studies	Primary	1 (1.7%)	0 (0%)
	Secondary	8 (13.3%)	7 (35%)
	Technical	19 (31.7%)	4 (20%)
	Bachelor's degree	32 (53.3%)	9 (45%)
Fathers' studies	Primary	0 (0%)	2 (10%)
	Secondary	16 (30.2%)	7 (35%)
	Technical	15 (28.3%)	9 (45%)
	Bachelor's degree	22 (41.5%)	2 (10%)
Mothers' diseases		3 (4.7%)	3 (15%)
Fathers' diseases		9 (16.1%)	2 (10%)

Table 2. Neonatal variables of preterm sample

	Mean (Standard deviation)	Range
Birth weight (grams)	1800.75 (376.07)	1170-2425
Gestational age (weeks)	32.90 (1.91)	30-36
APGAR test (1 min)	8.30 (1.21)	
APGAR test (5 min)	9.55 (0.76)	
Frequency (%)		
Multiple delivery	40%	
In vitro fecundation (IVF)	10%	
C-section delivery	35%	
Maternal corticosteroids	75%	
Maternal antibiotics	65%	
Maternal chorioamnionitis	5%	
Maternal arterial hypertension	10%	
Surgery during NICU	0%	
Endotracheal intubation	0%	
Continuous positive airway pressure	45%	
Mechanical ventilation	0%	
Inotropic	10%	
Surfactant	10%	
Respiratory distress syndrome	0%	
Necrotizing enterocolitis	0%	
Patent ductus arteriosus	0%	
Transfused anemia	0%	
Early onset sepsis	0%	
Late onset sepsis	5%	
Apnea	30%	
Intraventricular hemorrhage (Grade I)	25%	
Periventricular leukomalacia	0%	

NICU: Neonatal Intensive Care Unit

Table 3. Descriptive data of T scores from Merrill-Palmer R scores of control and preterm children

	12 months		15 months		18 months		22 months	
	Control	Preterm	Control	Preterm	Control	Preterm	Control	Preterm
	Mean (Standard deviation)							
MPR General Index	107.14 (7.03)	98.70 (6.54)	103.63 (4.57)	102.41 (4.10)	86.53 (9.58)	96.14 (10.57)	87.27 (7.63)	96.80 (7.62)
MPR Cognition	111.79 (7.36)	97.20 (7.41)	105.50 (8.27)	106.12 (4.52)	89.24 (9.93)	96.93 (8.07)	86.67 (2.55)	89.47 (1.26)
MPR Fine Motor Skills	97.50 (9.57)	101.20 (7.97)	97.94 (7.74)	97.12 (6.80)	86.00 (13.66)	98.07 (11.34)	92.67 (7.57)	97.33 (2.54)
MPR Receptive Language	95.71 (2.97)	_*	97.56 (6.72)	94.41 (0.50)	92.24 (8.54)	96.86 (12.19)	92.53 (9.99)	95.27 (2.22)
MPR Visuomotor coordination	102.14 (11.83)	94.95 (6.58)	102.19 (7.43)	99.35 (4.66)	83.59 (13.82)	96.36 (10.01)	83.93 (6.75)	91.00 (2.14)

** No data are available for Receptive Language measures in 12-month-old preterm children due to age-corrected adaptation. It was therefore necessary to start at the level (0.5 on the scale) at which there are no scoring items for these variables.

Table 4. Correlations between Baby-mnemo (BM) measures and Merrill-Palmer R (MPR) subscales in preterm children

		BM Location	BM Delay	BM Update
MPR General Index	Spearman correlation	.357**	.485**	.373**
	P value	.003	.000	.002
MPR Cognition	Spearman correlation	.341**	.399**	.313*
	P value	.005	.001	.011
MPR Fine Motor Skills	Spearman correlation	.370**	.478**	.338**
	P value	.002	.000	.006
MPR Receptive Language	Spearman correlation	.197	.446**	.304*
	P value	.167	.001	.030
MPR Visuomotor Coordination	Spearman correlation	.316**	.396**	.280*
	P value	.010	.001	.023

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figure captions

Figure 1. Front view of the Baby-Mnemo device. Four push buttons are available with their 4 corresponding platforms. A blanket is employed to partially cover the device

Figure 2. Comparison of premature children and controls on memory tasks. (A) Comparison on Baby-mnemo at 22 months. Significant differences were found in the Location and Update phases. (B) Comparison on Hide and Seek at 12 months. Significant differences were observed on Errors and Correct answers. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Figure 3. Comparison of preterm children by age on memory tasks. (A) Comparison on Baby-mnemo phases. Significant differences were found on Delay at 22 months compared to 12 and 15 months. (B) Comparison on Hide and Seek measures. Significant differences were observed on Retention between 12 and 22 months, and on Update, Correct answers, and Errors between 12 and 22 months and between 18 and 22 months. ** $p < 0.01$

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60



Figure 1. Front view of the Baby-Mnemo device. Four push buttons are available with their 4 corresponding platforms. A blanket is employed to partially cover the device

1337x981mm (72 x 72 DPI)

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/ncny> Email: NCNY-peerreview@journals.tandf.co.uk

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

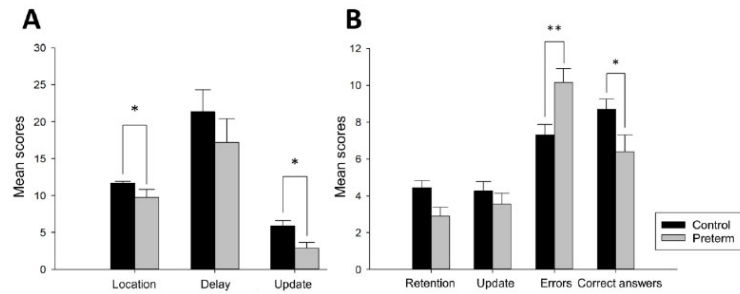


Figure 2. Comparison of premature children and controls on memory tasks. (A) Comparison on Baby-mnemo at 22 months. Significant differences were found in the Location and Update phases. (B) Comparison on Hide and Seek at 12 months. Significant differences were observed on Errors and Correct answers. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

88x38mm (600 x 600 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

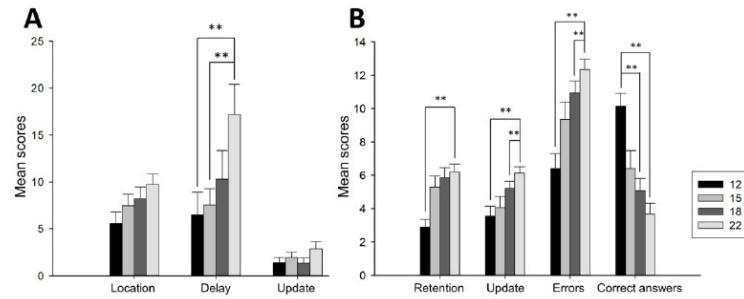


Figure 3. Comparison of preterm children by age on memory tasks. (A) Comparison on Baby-mnemo phases. Significant differences were found on Delay at 22 months compared to 12 and 15 months. (B) Comparison on Hide and Seek measures. Significant differences were observed on Retention between 12 and 22 months, and on Update, Correct answers, and Errors between 12 and 22 months and between 18 and 22 months. ** $p < 0.01$

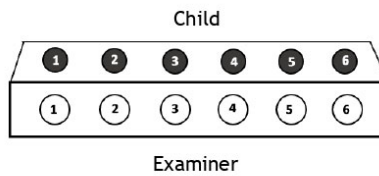
88x38mm (600 x 600 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Appendix 1

Baby-mnemo I: Recall of location I

Circle the location used and cross out the covered part.



Recall of Location I

	Scores
Trial 1	0 1
Trial 2	0 1
Trial 3	0 1
Trial 4	0 1
Total	/4



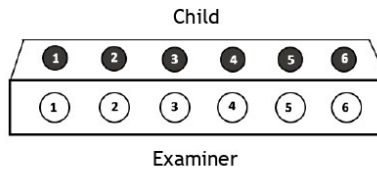
≥2 correct trials	→	Apply Delay
<2 correct trials	→	Apply Recall of Location II

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Appendix 2

Baby-mnemo IV. Delay

Circle the location used and cross out the covered part.



Apply Second trial with the same delay period if the child scores 0 in the First

		First trial	Second trial			First trial	Second trial
1.	+2"	0 1	0 1	11.	+2"	0 1	0 1
2.	+2"	0 1	0 1	12.	+2"	0 1	0 1
3.	+2"	0 1	0 1	13.	+2"	0 1	0 1
4.	+2"	0 1	0 1	14.	+2"	0 1	0 1
5.	+2"	0 1	0 1	15.	+2"	0 1	0 1
6.	+2"	0 1	0 1	16.	+2"	0 1	0 1
7.	+2"	0 1	0 1	17.	+2"	0 1	0 1
8.	+2"	0 1	0 1	18.	+2"	0 1	0 1
9.	+2"	0 1	0 1	19.	+2"	0 1	0 1
10.	+2"	0 1	0 1	20.	+2"	0 1	0 1
Maximun delay achieved (Seconds)							



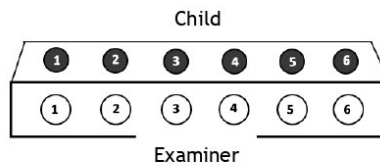
URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/ncny> Email: NCNY-peerreview@journals.tandf.co.uk

Stop criteria
0 points in 2 consecutive trials with the same seconds of

Appendix 3

Baby-mnemo V. Update

Circle the location used and cross out the covered part.



		First trial	Second trial	Third trial
1.		0 1	0 1	0 1
2.		0 1	0 1	0 1
3.		0 1	0 1	0 1
Scores		/3	/3	/3
Total scores		Score x 3 = /9	Score x 2 = /6	Score x 1 = /3

If the child scores 0 in the First trial, make 1 Examiner Example and apply the Second trial

If the child scores 0 in the Second trial, make 2 additional Examiner Examples and apply the Third trial

Circle each new location

Trabajo original III

Infancy



Evaluation of visuospatial short-term and working memory from the first to second year of life: a novel task

Journal:	<i>Infancy</i>
Manuscript ID	HIFC-2019-0101
Manuscript Type:	Research Article
Keywords:	Visuospatial memory, Short-term memory, Working memory, Infants, Temperament

SCHOLARONE™
Manuscripts

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Abstract

Visuospatial memory allows us to remember the location of stimuli in space for short periods of time (short-term memory) and manipulate it (working memory). The prototypical tasks that evaluate this capacity are based on the search for a hidden object in two locations, whereas fewer studies include more locations, and not all include delayed responses or changes in the object's position. The main aim of our study was to assess the visuospatial short-term and working memory in 12, 15, 18 and 22-month-old children with an experimental device and a specific evaluation protocol. Sixty-five infants were evaluated with the experimental task (Baby-Mnemo), as well as with another working memory task (Hide and Seek) and cognitive development scales (Merril-Palmer). The child's temperamental style and behavior during assessment were recorded. The ability to remember one location out of four possible ones, emit a delayed response, and update previously learned information increases markedly at 22 months. The performance of the children in our experimental task is related to other tasks previously used to evaluate these abilities. Reactive behaviors and a difficult temperamental style negatively affect the visuospatial memory performance. This task may be used in the future for early detection of visuospatial memory difficulties.

Title: Evaluation of visuospatial short-term and working memory from the first to second year of life: a novel task

Introduction

Memory refers to the ability to store and retrieve information. When this information is visual and allows us to remember the location of objects in space, it is known as visuospatial memory (Baddeley, 1997). Based on a temporal criterion, this visuospatial memory can be divided into iconic, which is the persistence of a visual stimulus in a very brief form; short-term, which is a temporary store with a limited amount of visual information and that lasts a short period of time; and long-term, which involves the retrieval of visual and spatial information months or even years later (Baddeley, 1997). Another function that runs parallel to these processes is the visuospatial working memory, called the visuospatial agenda in the Baddeley model, based on the ability to maintain visuospatial information and manipulate or update it if necessary (Baddeley, 1997). This memory feeds directly on the visual perception or the generation of a previously stored visual image, and it oversees the maintenance and visuospatial manipulation of these images.

The first evidence of visuospatial short-term memory appears to emerge around 6 months of age, when infants are able to detect changes in the position of previously presented items (Oakes, Hurley, Ross-Sheehy, & Luck, 2011) and anticipate the position of previously seen stimuli (Gilmore & Johnson, 1995; Reznick, Morrow, Goldman, & Snyder, 2004). At the age of 10 months, children are able to make online predictions and actively locate some information based on what they remember (Kaldy, Guillory, & Blaser, 2016). There also appears to be some improvement in this capacity from 6 to 8 months, and more significant and linear improvements from 8 to 12 months (Pelphrey et al., 2004).

Another of the first signs of visuospatial short-term memory is found on A-not-B tasks. According to classical Piaget studies (Piaget, 1954), 9-month-olds make mistakes on this type of task, but they stop committing errors around 12 months. However, later authors verified that this task could be overcome earlier: at 6 months, infants begin to tolerate 1- to 2- seconds of delay (Reznick et al., 2004), although they continue to make mistakes until 9 months (Diamond & Goldman-Rakic, 1989). After this age, their performance improves notably, which is associated with the maturation of the dorsolateral prefrontal cortex, and it continues to improve during the first year of life (Diamond & Goldman-Rakic, 1989; Diamond, Prevor, Callender, & Druin, 1997). Therefore, it seems that a searching-task with two possible spatial locations could be solved throughout the first year of life.

On the one hand, it appears that at 5.5 months of age children begin to tolerate short delays (1 or 2 seconds) (Reznick et al., 2004). From that age onwards, delay periods seem to increase, to between 2 and 5 seconds from 7.5 months to 9 months and 10 seconds at 12 months in motor search tasks (Diamond & Goldman-Rakic, 1989; Diamond & Doar, 1989). However, if the child is not required to emit a motor response, but rather to observe, this delay increases to 6 seconds at 7 months (Ropeter & Pauen, 2013) and to 15 seconds at 8 months (Baillargeon, Devos, & Gruber, 1989). Thus, it appears that the tolerated delay time increases progressively throughout the first year of life (Pelphrey et al., 2004).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

On the other hand, the ability to manipulate or update information held in short-term memory appears later in development. One of the most widely used paradigms was proposed by Piaget (Piaget, 1954), with the A-not-B task and invisible displacements, which evaluate more advanced aspects of the permanence of the object. Previous studies show that this task progressively improves from 15 to at least 30 months of age (Diamond et al., 1997), although it can be performed with relative success after 2 years of age (Call, 2001).

Some authors have increased the difficulty of these search tasks by introducing more than two locations. Thus, at 8 months of age, it seems that children are able to locate the object from 3 and 4 possible locations (Pelphrey et al., 2004), whereas other authors do not use 4 locations until children reach 18 months (Garon, Smith, & Bryson, 2014), adding, in the latter case, not only a delay period, but also position changes for the memory update measurement. Other researchers used 5 possible hiding places in a sample of children under one year of age, surprisingly obtaining better results on this task than on the classic A-not-B (Cummings & Bjork, 1983). However, later studies have shown, even including 7 possible locations, that performance is not better if all the possible hiding places are covered during delay periods (Diamond, Cruttenden, & Neiderman, 1994). Thus, these results seem to be due more to the methodology followed, in this case, covering only the target location, than to a true increase in visuospatial memory at these ages, at least beyond 4 locations.

Previous literature reveals that, in order to fully evaluate visuospatial memory before the age of two, more than two possible locations could be included, introducing a delay period and tasks based on updating the memory contents. Although many of the tasks outlined above cover some of these aspects, few cover all of them during a long developmental period.

Thus, our main aim was to analyse the normalised evolutionary development from 12 to 22 months of age, using an experimental device and protocol for the evaluation of short term and working visuospatial memory, by including more than two locations, periods of increasing delay, and the possibility of updating the memory. We also aimed to compare the performance on our experimental task with the performance on other tests proposed for the evaluation of working memory. Finally, we have taken the children's behavior during the assessment into consideration, as well as their temperamental style, to analyse possible influence on the results obtained.

Methods

Participants

Sixty-five infants (32 boys and 33 girls) from 12 to 22 months of age made up the final sample (Mean=16.71, SD=3.647). From an initial sample of 74 participants, 9 infants were discarded, due to lack of collaboration during the assessment, which caused the evaluation protocol to not be fully administered. Participants were recruited from pre-schools. Inclusion criteria included having been born after 37 weeks of gestation, absence of neurological illnesses or traumatic events, and no visual or hearing impairments. Parents were provided with information about the purpose of this study, and they gave their written informed consent before the study began. This study was approved by a local Research Ethics Committee and conducted following the Helsinki Declaration for biomedical research involving humans.

Visuospatial short-term and working memory assessment

Two tasks were used to measure memory in infants: our experimental task, Baby-Mnemo, and an adapted version of the Hide and Seek task, previously published by Garon (Garon et al., 2014).

Baby-mnemo (BM) is a task designed for the evaluation of different aspects of visuospatial memory in children under 2 years of age. The device consists of a mobile drawer made of wood (Figure 1). Two areas are differentiated in this apparatus: first, six pushbuttons with light, and second, six platforms that the examiner can lift vertically by using the levers located at the back of the apparatus. In addition, on the back of the apparatus, the examiner has access to three additional elements: an on/off switch that activates the electrical system of the apparatus, six LEDs that are illuminated when the child has pressed the respective button, and six switches that the examiner can flip to activate a light on the equivalent button. A blanket is employed to partially cover the device and reduce the amount of visuospatial information the child has to handle. The decision to use 4 possible locations instead of 6 is based on findings from previous literature (Garon et al., 2014; Pelphrey et al., 2004).

The Baby-mnemo task included phases of (i) Object Recognition, (ii) Training and Familiarization with the device, (iii) Recall of Location, (iv) Tolerance to periods of Delay, and (v) Updating of previously learned information.

In (i) the Object Recognition phase, the examiner presented four small toys to the child and named them one by one. After a time when the child could play with the toys, the examiner took two of them and asked the child, "What is the (name of one of the toys)?" or "Take the (name of one of the toys). Any behaviour that indicated a differential response, such as staring, picking up, pointing, or verbalizing the required toy, was viewed as correct. Then, three toys (the two previously used, plus an additional one) were placed in front of the child, and one of them was named, specifically the one for which the child had shown a greater preference. It was observed whether the child emitted a differential response. From this phase, the measure called BM Recognition is obtained, where the child receives a score of 1 when s/he recognizes a different toy among a set of three and 0 points when s/he does not. The aim of this phase was not only to determine whether the child recognized the toys differently by name, but also to know what their preferences were, in order to maintain their levels of attention and motivation during the rest of the tasks.

In (ii) the Training and Familiarization phase (Supplementary material, Appendix 1), the child was shown the device for the first time and placed in front of the push buttons, while the examiner was placed at the back of the device. The child could explore the device and touch the buttons, after which the examiner turned on the corresponding light. Thus, the child could observe that when s/he pressed one of the buttons, a light would come on. If the child did not spontaneously initiate the behavior, it was the examiner who touched one of the buttons at random, encouraging the child later to activate the rest of the buttons. After that, the training phase began. The examiner took the toy selected in the Object Recognition phase and, attracting the child's attention, raised one of the levers, placed the toy on its surface, and lowered it slowly. The lever selected was the one for which the child had shown the most preference, i.e. the one s/he interacted with more frequently or insistently during familiarization. The examiner then pressed the pushbutton equivalent to the chosen platform (i.e. the pushbutton just below the selected platform), turned on the light, and held up the toy

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

again (Examiner Examples). He repeated the Examiner Examples three times in a row, making sure the child was watching. Then, the examiner asked the child: "Where is the (name of the toy)?" or "Let's call (name of the toy)" while pointing to the correct button, but without activating it. The correct answer was for the child to press the appropriate button, after which the examiner turned on the light, picked the toy up, and congratulated the child. If the child gave an incorrect answer, that is, touched another button, the child was told, "The (name of the toy) is not here. Where is the (name of the toy)? Try here," pointing again and giving him/her a chance to respond a second time. If the child made a mistake again, did not respond, or gave an answer that had nothing to do with the operation of the device, the examiner gave three more Examiner Examples and asked again. These sequences of examiner examples, followed by asking the child about the toy while pointing to the appropriate button, could be repeated up to 6 times. In one of these 6 sequences of examples, the child had to touch the correct button two times consecutively. When the child did this correctly, we moved on to the Recall of Location phase; otherwise, we applied another sequence of Examiner Examples. The aim of this first phase of training is for the child to understand the functioning of the device and be able to carry out the following phases with a higher level of complexity. Therefore, if the child did not eventually manage to succeed in this phase in any of the six sequences, the Baby-Mnemo evaluation did not continue for the rest of the phases.

The third phase, (iii) Recall of Location, was administered following the Training. Once the child had correctly performed two consecutive correct trials, the examiner asked for the toy on four more occasions without pointing to the correct pusher. Thus, the child received one point for each correct answer emitted, and zero points for no answer or a wrong answer. If the child obtained at least two of the four possible points, this phase ended, and the Delay phase was administered. If the child received one or zero points, the examiner started the Training again. That is, the examiner repeated the three Examine Examples, asked the child to find the toy on two consecutive trials by pointing to the button (Training), and then asked the child to find the toy again 4 more times without pointing to the button (Recall of Localization). If the child, in spite of properly completing the six Training trials, did not manage to carry out two autonomous Recall of Localization trials, the task was stopped, understanding that s/he would not be able to carry out the successive phase. In this phase, the measure of BM Location was obtained, where the child received a point for each correct response. This score varies in a range from 0 to 12, with 0 indicating that the child has not emitted any correct answer after the six Training opportunities, and 12 indicating that the child has managed to give the four correct answers in the first Training. On the other hand, the Training and Recall of Location phases are organized in 3 learning blocks. Thus, a first block consists of two phases of Training (3 Examiner Examples + 2 correct trials by the child pointing to the button), interspersed with two phases of Recall of Location (4 possible trials where the child must autonomously press the correct button). The second and third blocks are set up in the same way. The objective of separating this phase into blocks is, together with the direct score obtained by the child, to differentiate between those who learned to use the apparatus more easily and with fewer trials and those who required more time and more examples. Thus, for the Recall of Location phase, we also obtained a qualitative measure called BM Localization Block, which shows in which block (1, 2 or 3) the child has passed the learning criterion of the Recall of Location phase (that is, two independently correct trials). On this measure, the children are classified as either Not learning or learning in Block 3, Block 2, or Block 1.

In (iv) the Delay phase (Supplementary material, Appendix 2), an increasing delay was introduced where the child was not allowed to execute the response. Therefore, we covered

1
2
3 the entire device with fabric, then uncovered it, and the child was asked about the location of
4 the toy: "Where is the (name of the toy)?" or "Let's call (name of the toy)". In this first trial, the
5 device was covered for two seconds (2"). If the child responded correctly (i.e., touched the
6 correct push button), the next rehearsal was increased by an additional two seconds (4").
7 Thus, after a correct trial, the delay time was increased in intervals of two seconds in each new
8 rehearsal (4", 6", 8", etc.), until reaching a maximum of 30 seconds. If the child did not respond
9 correctly, the examiner performed another trial with the same delay time on which the child
10 had failed. In this case, if the child responded correctly, the examiner added two seconds extra
11 in the next trial. If the child failed again this second time, this phase was considered over. The
12 objective of this phase was to quantify how long the memory of the visuospatial location could
13 remain in memory. Thus, we obtained the BM Delay measure, which records the number of
14 seconds the child was able to continue to give the correct response. Thus, this measure varied
15 between 0, indicating that the delay tolerated by the child was null, and 30, which is the
16 maximum time established for this task. A second qualitative measure was obtained, BM
17 Tolerance of Delay, where children were classified into those who tolerated delay for any
18 number of seconds (Tolerate delay), and those who did not (Not tolerate delay).
19

20
21
22
23 The last and fifth phase, (v) Update (Supplementary material, Appendix 3), involved presenting
24 the toy on the three platforms that had not been used so far. Thus, the examiner picked up the
25 toy from its previous platform, placed the toy on a different platform chosen randomly,
26 lowered the platform, and asked the child for the toy ("Where is (name of the toy)?" or "Call
27 the (name of the toy)"). It was considered a correct answer if the child pressed the button
28 corresponding to the new location, receiving three points in this case. After that, the toy was
29 again moved from its platform, following the procedure described above, until it had passed
30 through the three platforms available but not previously employed. If, on the other hand, the
31 child emitted an incorrect answer, s/he received zero points, and the examiner carried out a
32 correct example test. That is, in this new location, the examiner performed the push-button-
33 light-toy combination that had been used for the initial Training on the device, after which
34 s/he asked the child again where the toy was. If the child now responded correctly, s/he
35 received two points, and the toy was moved to another platform, following the procedure
36 described above. In the case of an incorrect answer on this occasion, the examiner performed
37 two additional examples and asked again. If the child gave a correct answer, s/he received 1
38 point; otherwise, s/he received no points for that location. The task ended when the examiner
39 had presented the toy on each of the platforms not used in the Recall of Location and Delay
40 phases. The aim of this phase was to measure whether the child was able to update previously
41 learned visuospatial information, either independently or with the help of the examiner. In this
42 phase, the BM Update measure collected the score obtained by the child during this phase in a
43 range between 0 and 9. Another qualitative measure, BM Block Update, was obtained to
44 classify children if, on any of the trials, they were able to update autonomously (Block 1), if
45 they needed an Examiner Example (Block 2), if they needed two Examiner Examples (Block 3),
46 or if they were not able to update the information (No update).
47

48
49
50
51
52 The Hide and Seek (HS) adapted task is based on Garon et al., 2014. It has been proposed for
53 the evaluation of visuospatial working memory in children between 1.5 and 5 years of age.
54 Two large boxes with lids (24 x 34 x 11 cm for the largest box, and 22 x 26 x 11 for the medium
55 box) containing smaller boxes, also with lids, are used (each 11 x 11 x 10 cm). One of the large
56 boxes contains only one small box inside, centrally located, whereas the other large box
57 contains four small boxes, equidistant from each other. For this task, we employed the
58 preferred toy of the child from those shown in the Object Recognition phase of BM. In the
59
60

1
2
3 training phase, the child was shown a cardboard box containing a smaller box where the toy
4 was hidden. After enduring a brief delay period (4 seconds for 12-month-olds, 6 seconds for
5 15-month-olds, and 10 seconds for 18- and 22-month-olds) during which the stimulus
6 remained hidden from view, the child had to find it. After performing this procedure twice, the
7 second box, containing four smaller boxes, was used for the test phase. Once again, the toy
8 was hidden in one of the boxes, and the child was asked to find it after the delay period. This
9 procedure is done four times, so that the toy is hidden in each of the small boxes. This task
10 allows us to obtain a score of HS Retention (score obtained on the first two trials) and HS
11 Update (score obtained on the last two trials), each ranging between 0 (no correct answer) and
12 8 points (all correct answers). We also obtained a total score for HS Errors (0 to 16 points) and
13 HS Correct answers (0 to 16 points).
14
15
16

17 General cognitive development, behavior, and temperamental style 18 assessment 19

20
21
22 The Merrill-Palmer Revised Scales of Development (MP-R) cognitive battery, used to measure
23 the cognitive development of children from 0:0 to 6:5, was employed to assess the overall
24 cognitive development of infants. This scale was used as an inclusion/exclusion measure,
25 establishing a minimum score of 85 (mean=100, standard deviation=15) on the general
26 cognitive index of this scale. All the children included in the final analysis passed this criterion.
27
28

29 On the other hand, two non-developmental scales from the MP-R were also used: Behavior
30 during the evaluation and Temperamental Style. The Behavior During Evaluation scale
31 measured the behavioral characteristics the child manifests during the assessment session.
32 This questionnaire is completed by the examiner at the end of the assessment. It collects
33 different types of behavior that the child may have exhibited during the assessment, and it is
34 composed of the following indices: for children aged 12 and 15 months, Irritability, Attention,
35 and Fear and caution (MP-R B Irritability, MP-R B Attention, and MP-R C Fearful, respectively);
36 and for children aged 18 and 22 months, Organization and cooperation, Activity and diligence,
37 and Anger and poor collaboration (MP-R B Organized, MP-R B Active, and MP-R B Angry,
38 respectively). The Temperamental Style scale collected information about the child's behavior
39 and emotional reactions in different contexts. It was filled in by the parents and provides Easy
40 and Difficult Temperament scores for children of 12 and 15 months, and Easy, Difficult and
41 Fearful scores for children of 18 and 22 months (MP-R T Easy, MP-R T Fearful, and MP-R T
42 Difficult).
43
44
45

46 Procedure 47

48
49 Parents were informed of the purpose and procedure of the study in a meeting. After the
50 parents signed the informed consent, the neuropsychological evaluation was carried out in a
51 single session lasting approximately one hour. Assessments took place from 9:30 a.m. to 12:00
52 p.m., when the infants normally went to their pre-schools. It started with the application of the
53 Object Recognition phase of the Baby-Mnemo task, then the Hide and Seek task, continuing
54 with the rest of the Baby-Mnemo phases, and ending with the MP-R scale. At the end of the
55 session, the evaluator completed the Behavior during the Evaluation scale. Afterwards, parents
56 completed a sociodemographic questionnaire, as well as the Temperamental Style scale.
57
58
59
60

Results

First, sociodemographic characteristics of the sample were analyzed. We found no significant differences between age groups in terms of parental age and level of education or presence of disease in the parents, or the number of siblings, type of breastfeeding, or the presence of more than one language normally spoken at home ($p > 0.05$). Descriptive data are shown in Table 1. Baby-Mnemo direct scores for each age group are shown in Table 2.

First, analyzing Age groups, we found significant differences on BM Location ($H_3 = 10.806$, $p = 0.013$), BM Delay ($H_3 = 14.816$, $p = 0.002$), and BM Update ($H_3 = 15.680$, $p = 0.001$). BM Recognition did not reveal significant results ($p = 0.056$). Post-hoc analyses corrected with the Bonferroni test (considering a significant result when $p < 0.008$) showed that differences in BM Location are found between 12 and 22 months ($U = 56$; $p = 0.004$; $r = -0.519$), between 15 and 22 months ($U = 58$; $p = 0.005$; $r = -0.502$), and between 18 and 22 months ($U = 67$; $p = 0.005$; $r = -0.487$). Similarly, on BM Delay, differences were found between 12 and 22 months ($U = 30.500$, $p < 0.001$, $r = -0.650$), 15 and 22 months ($U = 61$; $p = 0.001$; $r = -0.515$), and 18 and 22 months ($U = 57.5$; $p = 0.004$; $r = -0.499$). These same age differences were observed for BM Update, with significant results found between 12 and 22 months ($U = 45.500$, $p = 0.003$, $r = -0.537$), 15 and 22 months ($U = 58$, $p = 0.005$, $r = -0.502$), and 18 and 22 months ($U = 46.500$, $p = 0.001$, $r = -0.577$). In all these previous comparisons, the best scores were obtained by the 22-month-old group (Figure 2). On the other hand, qualitative variables were analyzed using the Chi-square statistic. Thus, we found no significant differences between age groups in the BM Localization Block ($p = 0.060$), BM Tolerance of Delay ($p = 0.052$), and the BM Update Block ($p = 0.309$). On the other hand, qualitative variables were compared: BM Tolerance of Delay and BM Update Block, as well as BM Tolerance of Delay and BM First Block Update. The objective of this analysis was to try to detect perseverative responses in the Update phase. Through the Chi-square analysis, we found that BM Tolerance of Delay and BM Update Block are significantly related ($\chi^2_3 = 30.855$, $p < 0.001$, $r = 0.679$) (Supplementary material Table 1), as are BM Tolerance of Delay and BM First Block Update ($\chi^2_3 = 7.429$, $p = 0.006$, $r = 0.328$) (Supplementary material Table 2).

By Age groups, we found significant differences in HS Retention ($H_3 = 10.785$, $p = 0.013$), HS Errors ($H_3 = 11.704$, $p = 0.008$), and HS Correct answers ($H_3 = 11.704$, $p = 0.008$). No significant results were found for HS Update ($p = 0.335$). Bonferroni post-hoc tests showed that these differences were found when comparing the 12 and 22 month groups: HS Retention ($U = 44.500$, $p = 0.002$, $r = -0.558$), HS Errors ($U = 41.500$, $p = 0.002$, $r = -0.560$), and HS Accuracy ($U = 41.500$, $p = 0.002$, $r = -0.560$) (Figure 3).

Next, we analyzed the association between the visuospatial memory measures (Table 3). First, we observed that BM Recognition correlated significantly with HS Retention ($r = 0.257$, $p = 0.039$). BM Location was also significantly associated with HS Retention ($r = 0.291$, $p = 0.019$). BM Delay was positively and significantly related to HS Retention ($r = 0.348$, $p = 0.004$) and to HS Correct answers ($r = 0.268$, $p = 0.031$), but negatively and significantly associated with HS Errors ($r = -0.268$, $p = 0.031$). Finally, BM Update correlated significantly and directly with HS Retention ($r = 0.338$, $p = 0.006$) and HS Accuracy ($r = 0.310$, $p = 0.012$), but inversely with HS Errors ($r = -0.310$, $p = 0.012$). HS Update was not significantly related to any of the Baby-Mnemo variables.

Finally, we considered whether the behavior shown during the session, as well as the predominant temperamental style of the child, had any association with the results obtained on the Baby-Mnemo test. On this occasion, given that the behavior and temperament

questionnaires offer different measures for children depending on their age, a separate analysis was carried out for each age group.

Analyzing correlations found in the 12-month group, we found statistically significant associations between BM Location and MP-R B Irritability ($r=-0.714$; $p<0.001$) and MP-R B Attention ($r=0.784$; $p<0.001$). BM Update correlated significantly with MP-R B Irritability ($r=-0.786$; $p<0.001$), with MP-R T Difficult ($r=-0.550$; $p=0.042$), and with MP-R B Attention ($r=0.697$; $p=0.003$). We did not find any significant correlations in the 15-month group between behavior or temperament and Baby-mnemo scores ($p>0.05$). At 18 months, we observed statistically significant correlations between BM Delay and MP-R B Angry ($r=-0.502$; $p=0.034$). For BM Update, statistically significant correlations were obtained with MP-R B Organized ($r=-0.517$; $p=0.028$) and MP-R B Active ($r=-0.705$; $p=0.001$). Finally, the 22-month group showed significant correlations between BM Recognition and MP-R B Organized ($r=-0.519$; $p=0.047$) and between BM Delay and MP-R T Difficult ($r=-0.585$; $p=0.046$).

Discussion

We assessed different aspects of visuospatial short-term and working memory in children below 2 years of age through an experimental task, in order to obtain more knowledge about the regular development of this ability in early childhood.

First, we observed important improvements during the first year of life in visuospatial short-term and working memory abilities. With the Baby-Mnemo assessment, we found that the ability to memorize one spatial location among four possible places (Recall of Location phase) seems to develop markedly at 22 months of age, compared to 12, 15, and 18 months. This pattern of development shows that the improvement in visuospatial location memory between the first and second year of life does not occur linearly. Pelphrey and colleagues (Pelphrey et al., 2004) found a more notable increase in the visuospatial memory capacity towards the end of the first year of life, also pointing out that the improvement in this ability seems to take place in a specific moment of development. However, at least from 18 months onwards, short-term memory and working capacities seem to increase very progressively, unlike other executive functions, such as complex inhibition or cognitive flexibility, which seem to start developing later and progress faster in less time (Garon et al., 2014). Thus, it is possible that, at younger ages, less than 1.5 years old, the development of these mnemonic functions follows a more irregular pattern, tending to be more progressive from that age onwards. On the other hand, although we already know that the ability to remember one location out of two possible positions is already present in 12-month-old children (Diamond & Goldman-Rakic, 1989; Piaget, 1954), we have observed that children of this age can perform these tasks effectively if four locations are used. Thus, more than half of 12-month-old children can learn the spatial location, either in the first or second block. Our data agree with previous studies (Pelphrey et al., 2004) where 12-month-old children obtained an average success rate of 60% on a search location task with four placements. Although not statistically significant, there does seem to be a progressive increase in the number of 15- and 18-month-old children who learn in the first block. Because all the 22-month-old children exceeded the learning criterion, one future perspective of our research could include greater difficulty for 22-month-old children and above, e.g. introducing a single learning block, increasing the attention span by showing the six pushbuttons, reducing the number of examples made by the examiner, etc., in order to obtain a more complex measure of short-term visuospatial memory at these ages.

1
2
3 In addition, both the ability to keep information in short-term memory (Delay) and the ability
4 to update it through working memory (Update) follow the same pattern of development,
5 where the best performance is achieved at 22 months, compared to 12, 15, and 18 months.
6 Therefore, at 22 months, children have a longer delay tolerance time and can update
7 information previously learned more easily. The data found at 18 months would be
8 comparable to those obtained by Garon (Garon et al., 2014), employing a delay of 10 seconds.
9 Although we found average delay periods of 10 seconds at 12 months (Diamond & Goldman-
10 Rakic, 1989; Pelphrey et al., 2004), they were obtained on tasks with 2 locations, and so it is
11 possible that when introducing 4, the mean delay would be drastically reduced. Whereas
12 Pelphrey's study (Pelphrey et al., 2004) found that from 6-to-12 months of age, the delay
13 increases progressively, our study again points to a marked improvement just at the end of the
14 second year, as we observed for location memory. Moreover, despite a lack of significance, we
15 observed that approximately the same percentage of children aged 12, 15, and 18 months had
16 tolerated some delay, whereas at 22 months, all the children did so. Thus, we can conclude
17 that at 22 months of age, all the children who exceed the criterion of learning from memory
18 location also tolerate a certain period of delay, whereas at the rest of the ages, exceeding this
19 learning criterion does not automatically imply the ability to tolerate delay. One possible
20 reason that younger children do not tolerate this waiting period might be the functioning of
21 other cognitive skills, such as selective attention or inhibitory control, as well as their short-
22 term visuospatial memory capacity. In future research, we should try to evaluate these
23 cognitive abilities that can potentially interfere in this phase.
24
25
26
27
28

29 Results for the Update phase showed again that the 22-month group achieved better
30 performance. We found that the performance at 12, 15, and 18 months is very similar, with
31 scores standing out at 22 months, as observed in previous phases. These data indicate a lack of
32 maturity in this ability, and again 22 months is when this capacity begins to be more effective,
33 both independently and with some help from the examiner. However, we note that the scope
34 for improvement in the implementation of this phase is still quite broad for all age groups,
35 including 22 months. If this phase were applied in later ages of development, it would allow us
36 to finish tracing the course of development of this capacity.
37
38

39 Finally, we found that the Recognition phase does not significantly discriminate between age
40 groups. However, it must be considered, on the one hand, that the Recognition variable is a
41 simple measure that does not allow an increasing complexity that would be sensitive to
42 improvements during development. On the other hand, this variable is introduced as an initial
43 measure for the child's familiarization with the stimuli to be used, but it is not intended to
44 measure visuospatial memory. Thus, the ability to locate stimuli in the environment is different
45 from the ability to identify these stimuli, as shown in the model of the dorsal and ventral
46 pathways (Atkinson & Nardini, 2008), which follow differential developmental courses, with
47 the dorsal pathway emerging first in childhood (Atkinson & Braddick, 2007). Thus, it is possible
48 that the later development of the ventral pathway, along with the fact that this task has a
49 strong language component, may result in the lack of improvement found in children of this
50 age. In general, it seems that the Recognition measure, as well as the qualitative measures of
51 learning blocks in Recall of Location and Update or tolerance of Delay, would be less useful
52 than the other quantitative measurements for detecting developmental differences in
53 memory.
54
55
56
57

58 Analyzing a possible tendency toward perseverative behavior during the Update phase, our
59 results point out that those children who tolerate a delay period also manage to update the
60

1
2
3 information learned in the first blocks of the task, but many of them do not manage to update
4 themselves in the very first trial. This suggests a tendency to persevere at the beginning of
5 the Update phase, although during the task, children begin to give new answers. Previous
6 results show that on a search task between two locations, children of 5 and 6 months do not
7 persevere, although those of 7 and 8 months do (Clearfield, Diedrich, Smith, & Thelen, 2006).
8 Among three possible locations, there is no tendency toward perseveration in children aged 8
9 to 10 months (Cummings & Bjork, 1983). Among four locations, 8-month-olds persevere less
10 than 6-month-olds, whereas 12-month-olds persevere less than 10-month-olds (Pelphrey et
11 al., 2004). In general, most authors conclude that the older the child, the less tendency to
12 persevere. Therefore, it would be interesting to include samples of older ages in order to
13 analyse when these persevering responses begin to decrease. A limitation of our procedure is
14 that it interprets a motor behavior as a correct answer, which has been seen to increase the
15 tendency to persevere (Hofstadter & Reznick, 1996). Therefore, in future research we could try
16 to minimize the influence of perseverance by manipulating other variables, such as the
17 number of exposures the child has to the same location, which has also been shown to favor
18 perseverance. Applying the Update phase first and then the Delay phase may help in this
19 regard. It has also been observed that children's performance improves when self-correction is
20 allowed (Reznick, Fueser, & Bosquet, 1998), an issue that could also be included in future
21 research.

22
23 Furthermore, we observe that on the Hide and Seek test, the results obtained are, at least in
24 part, comparable to those found on the Baby-mnemo. Thus, at 22 months of age, better scores
25 are obtained in the Retention phase, as well as a greater number of correct answers and fewer
26 errors, compared to 12 months. Thus, this tool again points out that short-term location
27 memory seems to develop markedly at 22 months. There are, however, no differences in the
28 age groups based on the Updating variable; nor do differences appear between 15 and 18
29 months compared to 22 months. Although our task did reveal differences in its Update phase,
30 we have to consider important methodological differences between Baby-mnemo and Hide
31 and Seek: whereas on the Hide and Seek task, the motor act of searching in the same place
32 where the object is hidden allows the children to get the toy, on our Baby-Mnemo task, the
33 child must be able to establish a more complex learning where the memorized location
34 (pushbutton) leads him/her to access the object's hiding place (platform). In this way, and
35 according to the concepts used in the study of spatial cognition (Fernandez-Baizan, Arias, &
36 Mendez, 2019), we could say that Hide and Seek uses coincident cues where the objective
37 stimulus is directly associated with the particular characteristics of its location or hiding place.
38 However, Baby-Mnemo uses non-coincident cues where the stimulus must be found following
39 relative positions related to the target place. Previous studies have found that when the spatial
40 location is not clearly indicated by coincident cues, children persevere until two years of age
41 (Spencer, Smith, & Thelen, 2001). Although on our Baby-mnemo task the spatial locations are
42 defined (platforms and pushbuttons), they are not coincident cues either. Thus, we require the
43 child to be able to use spatially defined non-coincident cues to solve the task. Thus, the
44 difference in procedures between the tasks may be a reason that the Update phases of the
45 two tests reveal different results.

46
47 In addition, we have found that both tasks, Baby-Mnemo and Hide and Seek, are related on
48 some of their measures. Thus, Retention in Hide and Seek is associated with all the variables of
49 Baby-Mnemo. Methodologically, the Baby-mnemo phase that is most similar to Hide and Seek
50 Retention would be Recall of Location, but we observe that Retention maintains a stronger
51 relationship with the Delay and Update phases. Moreover, its relationship with the
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 Recognition phase, the only one related to object identification, points out that Hide and Seek
4 Retention may be associated with more generic short-term memory capacity. The fact that
5 there was no association between Baby-mnemo Delay and Update and the Update measure of
6 Hide and Seek was surprising, but the methodological differences between these variables, as
7 discussed previously, may be the reason for this lack of a relationship.
8
9

10 These early mnemonic abilities are supported by the development of the prefrontal lobe, linked to
11 other related functions, such as processing novel information (Wiebe et al., 2006), visual
12 attention (Reynolds, Courage, & Richards, 2010), working memory (Cuevas, Bell, & Calkins,
13 2013), and keeping information in memory (Baird et al., 2002). An increasing neuronal density
14 is detected at 2 years of age in these areas (Teffer & Semendeferi, 2012). During this period,
15 different frontal cortex areas grow more in certain periods: from the postnatal period to the
16 first year of life in the medial orbitofrontal and lateral anterior prefrontal orbit, whereas from
17 the first to the second year of life in the prefrontal upper, medial, and orbitofrontal areas (Li et
18 al., 2013). Thus, although the prefrontal lobe is the last one to finish its maturation, we
19 observe that before 2 years of age the prefrontal cortex undergoes important changes, which,
20 in addition, occur differently according to the different areas and the age of the child. These
21 facts could explain, on the one hand, the improvement in short term and working visuospatial
22 memory capacities between the first and second year of life of the child and, on the other
23 hand, the fact that these changes are not progressive.
24
25
26

27 Finally, in order to properly understand the memory results obtained on Baby-Mnemo, it
28 seems particularly important to consider the behavior during the cognitive evaluation as well
29 as the temperamental style of the child. Thus, on the one hand, we observed that the presence
30 of more adaptive and proactive behaviors, such as paying attention and being collaborative
31 and proactive during the evaluation, is associated with better performance on Baby-mnemo.
32 By contrast, the presence of more disruptive behaviors, such as irritability or anger, or the
33 tendency to present a more reactive and difficult temperament, is associated with worse
34 results. Regarding the relationship between behavior and neuropsychological performance, in
35 older children, studies have shown that the presence of behavioral problems, as opposed to
36 their absence, is related to worse cognitive performance, although the relationship between
37 these variables has less magnitude than others, such as socioeconomic or child care variables
38 (Melhuish et al., 2001).
39
40
41

42 On the other hand, a difficult temperamental style, based on the Thomas and Chess model
43 (Zentner & Bates, 2008), included withdrawal and unpredictable behaviors, with difficulties in
44 adapting to novel situations and intense reactions to frustration. It has been observed that
45 children who present a temperament called "hawk temperament", which is related to higher
46 levels of aggressiveness, activity, and increased sensitivity to reward, presented greater
47 difficulties in solving visuo-constructive problems years later (Suor, Stuge-Apple, Davies, &
48 Cicchetti, 2017). Moreover, temperament has been related to a greater probability of
49 manifesting certain behavior problems. Thus, it has been possible to verify that the presence
50 of a more emotional temperament, which we refer to as difficult, is related to a greater
51 probability of suffering behavioral problems, emotional difficulties, and symptoms related to
52 inattention and hyperactivity years later, whereas a more timid or fearful temperament is
53 related to the later presence of emotional problems (Abulizi et al., 2017). Thus, it may be
54 possible for children who tend to manifest a more difficult temperamental style to show, in
55 addition, more irritated or angry behaviors, thus relating the dimensions of temperament and
56 behavior during the session. Therefore, we consider that the behavior of the child during
57
58
59
60

1
2
3 cognitive assessment, as well as his/her predominant temperamental style, should be taken
4 into consideration in the interpretation of visuospatial memory performance.
5

6 This research shows several limitations. First, the sample size of the groups is small, making it
7 difficult to draw definitive conclusions or generalizations due to the number of children
8 participating. Moreover, given the number of participants, we have not been able to carry out
9 covariance analyses, which would have allowed us to establish possible causal, and not simply
10 correlational, relationships between certain behavioral manifestations and cognitive
11 performance. In addition, the experimental task, Baby-mnemo, was designed taking into
12 account the growing difficulty of developmental skills related to visuospatial memory. This
13 structure, as mentioned above, can increase the frequency of perseverative responses in the
14 Update phase. For this reason, altering the order of administration of the different Baby-
15 mnemo phases, especially between Delay and Update, would allow us to minimize this risk.
16
17

18 However, our study has shown that the visuospatial short-term memory capacity would
19 already be relatively present at the beginning of the first year of life (12 months), but the end
20 of this year (22 months) seems to be a key developmental age when all the functions, short-
21 term and visuospatial working memory, develop in a more noteworthy way. Thus, we have
22 seen that the development of visuospatial memory is not progressive during the first year of
23 life, but there seems to be a peak of development right at the end of the second year. This
24 improvement is mainly due to the maturation of the prefrontal lobe. This experimental
25 procedure, which should ideally be accompanied by a behavioral and temperamental
26 evaluation, could be used as an early detection tool for visuospatial memory problems.
27
28
29
30
31

32 33 Conflict of interest

34 No potential conflict of interest was reported by the authors.
35
36
37
38
39

40 41 References

- 42 Abulizi, X., Pryor, L., Michel, G., Melchior, M., Van Der Waerden, J., Annesi-Maesano, I., ...
43 Thiebaugeorges, O. (2017). Temperament in infancy and behavioral and emotional
44 problems at age 5.5: The EDEN mother-child cohort. *PLoS ONE*, *12*(2), 1–17.
45 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171971>
46
47 Atkinson, J. & Nardini, M. (2008). The neuropsychology of visuospatial and visuomotor
48 development. In J. Reed & J. Warner-Rogers (Eds.), *Child Neuropsychology: Concepts,*
49 *Theory and Practice* (pp. 183–217). Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
50
51 Atkinson, Janette, & Braddick, O. (2007). Visual and visucognitive development in children
52 born very prematurely. In *Progress in Brain Research* (Vol. 164, pp. 123–149).
53 [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64007-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64007-2)
54
55 Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: theory and practice. Revised edition.* Psychology Press.
56
57 Baillargeon, R., Devos, J., & Graber, M. (1989). Location memory in 8-month-old infants in a
58 non-search AB task: Further evidence. *Cognitive Development*, *4*, 345–367. Retrieved
59 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885201489900403>
60

- 1
2
3 Baird, A. A., Kagan, J., Gaudette, T., Walz, K. A., Hershlag, N., & Boas, D. A. (2002). Frontal lobe
4 activation during object permanence: Data from near-infrared spectroscopy.
5 *NeuroImage*, 16(4), 1120–1126. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1170>
6
- 7 Clearfield, M. W., Diedrich, F. J., Smith, L. B., & Thelen, E. (2006). Young infants reach correctly
8 in A-not-B tasks: On the development of stability and perseveration. *Infant Behavior and*
9 *Development*, 29(3), 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.03.001>
10
- 11 Cuevas, K., Bell, M. A., & Calkins, S. D. (2013). EEG and Heart Rate Measures of Working
12 Memory at 5 and 10 Months of Age. *Developmental Psychology*, 48(4), 907–917.
13 <https://doi.org/10.1037/a0026448>. EEG
14
- 15 Cummings, E. M., & Bjork, E. L. (1983). Search behavior on multi-choice hiding tasks: Evidence
16 for an objective conception of space in infancy. *International Journal of Behavioral*
17 *Development*, 6, 71–87.
18
- 19 Diamond, A., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys
20 on Piaget's AB task: evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex.
21 *Experimental Brain Research*, 74(1), 24–40. <https://doi.org/10.1007/BF00248277>
22
- 23 Diamond, Adele, Cruttenden, L., & Neiderman, D. (1994). AB With Multiple Wells: 1. Why Are
24 Multiple Wells Sometimes Easier Than Two Wells? 2. Memory or Memory + Inhibition.
25 *Developmental Psychology*, 30(2), 192–205.
26
- 27 Diamond, Adele, & Doar, B. (1989). The Performance of Human Infants on a Measure of
28 Frontal Cortex Function, the Delayed Response Task. *Developmental Psychobiology*,
29 22(3), 271–294.
30
- 31 Diamond, Adele, Prevor, M. B., Callender, G., & Druin, D. P. (1997). Prefrontal cortex in
32 cognitive deficits in children treated early and continuously for pku. *Monographs of the*
33 *Society for Research in Child Development*, 62(4).
34
- 35 Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Spatial orientation assessment in
36 preschool children : Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology:*
37 *Child*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278>
38
- 39 Garon, N., Smith, I. M., & Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for
40 preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, 20(6), 713–736.
41 <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.857650>
42
- 43 Gilmore, R., & Johnson, M. H. (1995). Working memory in infancy 6 month-olds performance
44 on two versions of the oculomotor delayed response task. *Journal of Experimental Child*
45 *Psychology*, Vol. 59, pp. 397–418.
46
- 47 Hofstadter, M., & Reznick, J. S. (1996). Response Modality Affects Human Infant Delayed-
48 Response Performance. *Child Development*, 67(2), 646–658.
49 <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01757.x>
50
- 51 Kaldy, Z., Guillory, S. B., & Blaser, E. (2016). Delayed Match Retrieval: a novel anticipation-
52 based visual working memory paradigm. *Developmental Science*, 19(6), 892–900.
53 <https://doi.org/10.1111/desc.12335>
54
- 55 Li, G., Nie, J., Wang, L., Shi, F., Lin, W., Gilmore, J. H., & Shen, D. (2013). Mapping region-
56 specific longitudinal cortical surface expansion from birth to 2 years of age. *Cerebral*
57 *Cortex*, 23(11), 2724–2733. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs265>
58
- 59 Melhuish, E., Quinn, L., Sylvia, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., & McCrory, M.
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

(2001). *Social/Behavioural and Cognitive Development At 3–4 Years in Relation To Family Background*. Belfast, Northern Ireland: The Stranmillis Press.

- Oakes, L. M., Hurley, K. B., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2011). Developmental changes in infants' visual short-term memory for location. *Cognition*, *118*(3), 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.007>. Developmental
- Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology*, *40*(5), 836–851. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.836>
- Piaget, J. (1954). The construction of reality in the child. (M. Cook, Ed.). *The Construction of Reality in the Child*, pp. xiii, 386–xiii, 386. <https://doi.org/10.1037/11168-000>
- Reynolds, G. D., Courage, M. L., & Richards, J. E. (2010). Infant Attention and Visual Preferences: Converging Evidence From Behavior, Event-Related Potentials, and Cortical Source Localization. *Developmental Psychology*, *46*(4), 886–904. <https://doi.org/10.1038/nrm2621>
- Reznick, J. S., Fueser, J. J., & Bosquet, M. (1998). Self-corrected reaching in a three-location delayed-response search task. *Psychological Science*, *9*(1), 66–70.
- Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy*, *6*(1), 145–154. https://doi.org/10.1207/s15327078in0601_7
- Ropeter, A., & Pauen, S. (2013). Relating 7-Month-Olds Visuo-Spatial Working Memory to Other Basic Mental Skills Assessed With Two Different Versions of the Habituation-Dishabituation Paradigm. *Infancy*, *18*(4), 578–603. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7078.2012.00133.x>
- Spencer, J. P., Smith, L. B., & Thelen, E. (2001). Tests of a Dynamic Systems Account of the A-not-B Error: The Influence of Prior Experience on the Spatial Memory Abilities of Two-Year-Olds. *Child Development*, *72*(5), 1327–1346. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00351>
- Suor, J. H., Stuge-Apple, M., Davies, P. T., & Cicchetti, D. (2017). A life history approach to delineating how harsh environments and hawk temperament trains differentially shape children's problem-solving skills. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *58*(8), 902–909. <https://doi.org/10.1126/science.1249098>. Sleep
- Teffer, K., & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex. Evolution, development, and pathology. In *Progress in Brain Research* (1st ed., Vol. 195). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00009-X>
- Wiebe, S. A., Cheatham, C. L., Lukowski, A. F., Haight, J. C., Muehleck, A. J., & Bauer, P. J. (2006). Infants' ERP responses to novel and familiar stimuli change over time: Implications for novelty detection and memory. *Infancy*, *9*(1), 21–44. https://doi.org/10.1207/s15327078in0901_2
- Zentner, M., & Bates, J. E. (2008). Child temperament: an integrative review of concepts, research programs and measures. *European Journal of Developmental Science*, *2*(1/2), 7–37.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

For Peer Review Only

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

Supplementary material

Table 1. Contingency table of Baby-Mnemo Tolerance of Delay and Updating Block

		BM Update Block				<i>Total</i>
		<i>Not update</i>	<i>Block 3</i>	<i>Block 2</i>	<i>Block 1</i>	
BM Tolerance of Delay	<i>No</i>	17	0	0	1	18
	<i>Yes</i>	9	3	15	20	47
<i>Total</i>		26	3	15	21	65

BM Baby-Mnemo

Table 2. Contingency table of Baby-Mnemo Tolerance of Delay and Updating in the first block

		BM Update First Block		<i>Total</i>
		<i>No</i>	<i>Yes</i>	
BM Tolerance of Delay	<i>No</i>	17	1	18
	<i>Yes</i>	28	19	47
<i>Total</i>		45	20	65

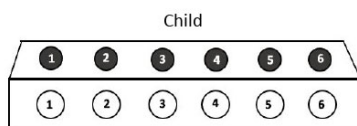
BM Baby-Mnemo

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Appendix 1

Baby-mnemo II: Training + Recall of location I

Circle the location used and cross out the covered part.



Training I

Examiner Examples (1-3)	
Does the child get two consecutive correct examples?	Yes <input type="checkbox"/>
	No <input type="checkbox"/>

Apply Recall of Location I
Apply Examiner Examples (4-6)

Examiner Examples (4-6)	
Does the child get two consecutive correct examples?	Yes <input type="checkbox"/>
	No <input type="checkbox"/>

Apply Recall of Location I
Apply Training + Recall of Location II

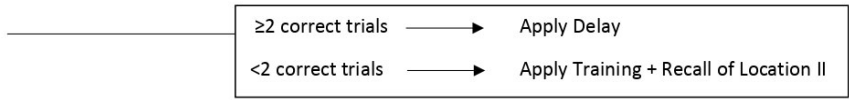
Recall of Location I

	Scores
Trial 1	0 1
Trial 2	0 1
Trial 3	0 1
Trial 4	0 1
Total	/4

↓

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60



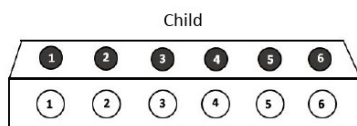
For Peer Review Only

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Appendix 2

Baby-mnemo III. Delay

Circle the location used and cross out the covered part.



Apply Second trial with the same delay period if the child scores 0 in the First trial

		First trial	Second trial			First trial	Second trial
	2"	0	0	11.	+2"	0	0
		1	1			1	1
2.	+2"	0	0	12.	+2"	0	0
		1	1			1	1
3.	+2"	0	0	13.	+2"	0	0
		1	1			1	1
4.	+2"	0	0	14.	+2"	0	0
		1	1			1	1
5.	+2"	0	0	15.	+2"	0	0
		1	1			1	1
6.	+2"	0	0	16.	+2"	0	0
		1	1			1	1
7.	+2"	0	0	17.	+2"	0	0
		1	1			1	1
8.	+2"	0	0	18.	+2"	0	0
		1	1			1	1
9.	+2"	0	0	19.	+2"	0	0
		1	1			1	1
10.	+2"	0	0	20.	+2"	0	0
		1	1			1	1
Maximun delay achieved (Seconds)							

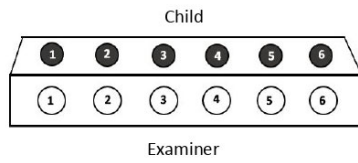
Stop criteria
0 points in 2 consecutive trials with the same seconds of delay

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Appendix 3

Baby-mnemo IV. Update

Circle the location used and cross out the covered part.



If the child scores 0 in the First trial, make 1 Examiner Example and apply the Second trial

If the child scores 0 in the Second trial, make 2 additional Examiner Examples and apply the Third trial

Circle each new location		First trial	Second trial	Third trial
1.		0 1	0 1	0 1
2.		0 1	0 1	0 1
3.		0 1	0 1	0 1
Scores		/3	/3	/3
Total scores		Score x 3 = /9	Score x 2 = /6	Score x 1 = /3

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

Tables

Table 1. Descriptive data of the sample

	12 (N=16)	15 (N=16)	18 (N=18)	22 (N=15)
	Mean (Standard deviation)			
Mother's age	37.06 (3.71)	37.53 (4.20)	36.94 (3.36)	36.79 (4.83)
Father's age	37.86 (4.81)	38 (3.10)	38.75 (4.13)	38.67 (2.67)
	N (%)			
Girls	8 (50%)	8 (50%)	9 (50%)	8 (53.3%)
Boys	8 (50%)	8 (50%)	9 (50%)	7 (46.7%)
Mother's level of education	Primary	0 (0%)	0 (0%)	1 (6.3%)
	Secondary	0 (0%)	1 (7.1%)	3 (18.8%)
	Technical	4 (25%)	5 (35.7%)	6 (37.5%)
	Bachelor's degree	12 (75%)	8 (57.1%)	6 (37.5%)
Father's level of education	Primary	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Secondary	4 (28.6%)	2 (16.7%)	5 (33.3%)
	Technical	3 (21.4%)	3 (25%)	5 (33.3%)
	Bachelor's degree	7 (50%)	12 (58.3%)	5 (33.3%)
Mother's diseases	1 (6.3%)	0 (0%)	1 (5.9%)	1 (7.1%)
Father's diseases	2 (14.28%)	2 (15.38%)	3 (18.75%)	1 (8.3%)
Siblings	One child	5 (31.3%)	6 (40%)	8 (47.1%)
	First	10 (62.5%)	8 (53.3%)	9 (52.9%)
	Second	1 (6.3%)	1 (6.7%)	0 (0%)
Breastfeeding	Bottle feeding	4 (25%)	6 (40%)	6 (35.3%)
	Breast	7 (43.8%)	5 (33.3%)	4 (28.6%)

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

Both	5 (32.3%)	4 (26.7%)	5 (29.4%)	3 (21.4%)
More than one language spoken at home	3 (20%)	3 (20%)	3 (17.6%)	1 (7.1%)

Table 2. Descriptive data of Baby-mnemo (BM) performance

		12	15	18	22
		N (%)			
BM Location Block	Block 1	8 (50%)	9 (56.3%)	12 (66.7%)	14 (93.3%)
	Block 2	2 (12.5%)	3 (18.8%)	3 (16.7%)	1 (6.7%)
	Block 3	0 (0%)	2 (12.5%)	0 (0%)	0 (0%)
	Not learning	6 (37.5%)	2 (12.5%)	3 (16.7%)	0 (0%)
BM Tolerance of Delay	Tolerate delay	10 (62.5%)	11 (68.8%)	11 (61.1%)	15 (100%)
	Not tolerate delay	6 (37.5%)	5 (31.3%)	7 (38.9%)	0 (0%)
BM Update Block	Block 1	5 (31.3%)	4 (25%)	3 (16.7%)	9 (60%)
	Block 2	4 (25%)	3 (18.8%)	4 (22.2%)	4 (26.7%)

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

	Block 3	1 (6.3%)	1 (6.3%)	1 (5.6%)	0 (0%)
	No update	6 (37.5%)	8 (50%)	10 (55.6%)	2 (13.3%)
		Mean (Standard deviation)			
	BM Recognition	0.44 (0.51)	0.44 (0.51)	0.56 (0.51)	0.87 (0.35)
	BM Location	7.13 (5.53)	8.69 (4.30)	8.83 (4.48)	11.67 (1.04)
	BM Delay	5.13 (8.06)	10.25 (11.21)	9.89 (11.13)	21.33 (11.60)
	BM Update	2.56 (2.47)	2.13 (2.57)	1.89 (2.65)	5.87 (2.85)

Table 3. Correlations between Baby-Mnemo (BM) and Hide and Seek (HS) measurements

		BM Recognition	BM Location	BM Delay	BM Update
HS Retention	Spearman correlation	0.257*	0.291*	0.348**	0.338**
	P value	0.039	0.019	0.004	0.006
HS Update	Spearman correlation	0.063	0.041	-0.005	0.099
	P value	0.617	0.748	0.968	0.434
HS Errors	Spearman correlation	-0.232	-0.229	-0.268*	-0.310*
	P value	0.063	0.067	0.031	0.012

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

HS Correct answers	Spearman correlation	0.232	0.229	0.268*	0.310*
	P value	0.063	0.067	0.031	0.012

For Peer Review Only

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

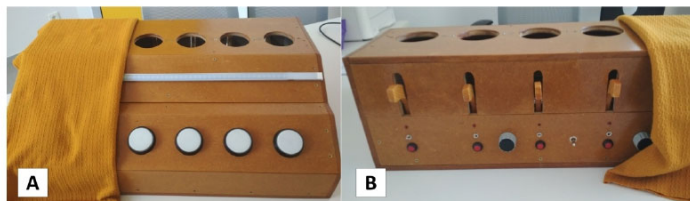


Figure 1. Front (A) and back (B) view of the Baby-Mnemo device. Front view shows infant's view during the assessment: four push buttons are available with their 4 corresponding platforms. A blanket is employed to partially cover the device. In the back view, the position of the examiner is shown, the examiner has access to several elements: an on/off switch that activates the electrical system of the apparatus, six LEDs that are illuminated when the child has pressed the respective button, six switches that the examiner can flip to activate a light on the equivalent button and six platforms that the examiner can lift vertically by using the levers located at the back of the apparatus.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

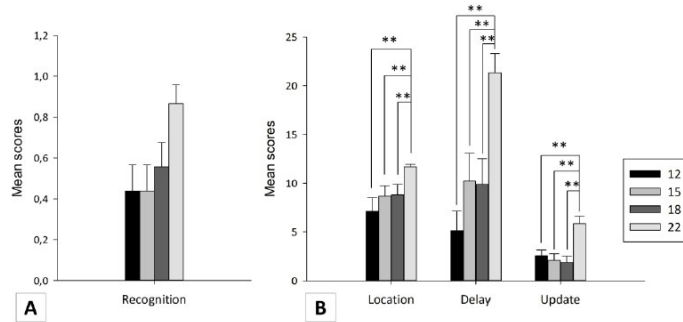


Figure 2. Mean scores and SEM of age groups in the Recognition (A) and Location, Delay and Update (B) Baby-Mnemo phases. We found significant differences between age groups in Location Block, Delay Block and Update Block (** $p < 0.01$).

809x400mm (96 x 96 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

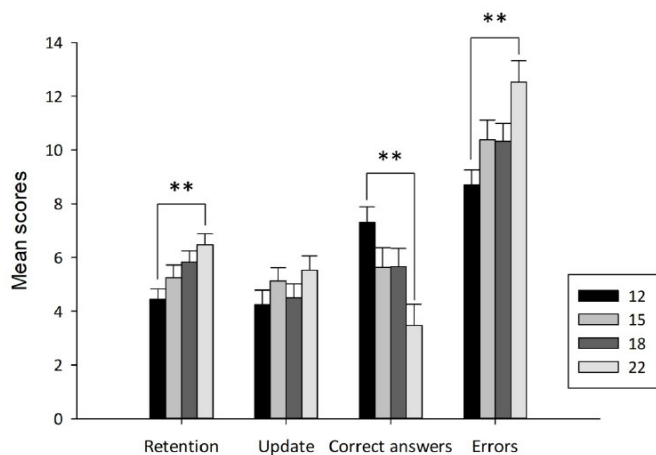


Figure 3. Mean scores and SEM of age groups in Hide and Seek. We found significant differences in Retention, Correct answers and Errors between 12 months and 22 months (**p=0.002).

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/HIFC> Email: infancy@ku.edu

Trabajo original IV

Title page

Title: Development of egocentric and allocentric spatial orientation abilities in children born preterm with very low birth weight

Author names and affiliations:

Fernandez-Baizan, Cristina^{1,2} fernandezbcristina@uniovi.es

Alcántara-Canabal Leticia^{1,3} leticia1546@hotmail.com

Solis, Gonzalo^{1,4} solisgonzalo@uniovi.es

Méndez, Marta^{1,2} mendezlmarta@uniovi.es

¹Neuroscience Institute of Principado de Asturias (INEUROPA). Address: Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain.

²Department of Psychology. University of Oviedo. Address: Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain.

³Primary Care Center Paulino Prieto, Sanitary Area IV. Address: Martínez Marina, 10, 33009 Oviedo, Asturias, Spain

⁴Pediatric Clinic Area, Neonatology, Univesitary Central Hospital of Asturias. Address: Av. Roma, s/n, 33011 Oviedo, Asturias, Spain.

Corresponding author: *Requests for reprints should be addressed to Marta Mendez, Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain (e-mail: mendezlmarta@uniovi.es). Telephone: +34 985104183

Funding

This work was supported by Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación Del Gobierno de España under Projects PSI2017-83893-R and PSI2017-90806-REDT, Fundación Ernesto Sánchez Villares "Ayudas a la Investigación Clínica y Epidemiológica en Pediatría 2016" and Programa "Severo Ochoa" de Ayudas Predoctorales de la CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE del Principado de Asturias PA-17-PF-BP16090 to C F-B.

Authorship contribution statement

Fernández-Baizán: acquisition of data, interpretation, and writing – original draft. Alcántara-Canabal: acquisition of data and reviewing. Solís: conceptualization of the study, analysis and review. Méndez: conceptualization of the study, interpretation, review, and editing.

Title: Development of egocentric and allocentric spatial orientation abilities in children born preterm with very low birth weight

Abstract

Background: very low birth weight preterm infants show neuropsychological alterations in functions such as memory or visuospatial skills, although certain related functions, such as spatial orientation, have not been studied.

Objectives: to compare children born preterm and at term between the ages of 5 and 7 years on egocentric and allocentric spatial orientation, and relate their performance to visuospatial skills, behavior, memory in daily environments, and perinatal risk factors.

Study design: observational cross-sectional study

Subjects: 88 very low birth weight children born preterm and 59 controls.

Outcome measures: IQ (RIST), visuospatial skills (NEPSY II: Route Finding and Geometric Puzzles), spatial orientation (Egocentric and Allocentric Spatial Memory Test - Children's Version), behavior (BASC questionnaire for parents), memory in everyday environments (ECM-Q questionnaire for parents), and perinatal risk factors (collected from medical records).

Results: Children born preterm obtain significantly lower scores than controls on the RIST, Route Finding, and Allocentric Spatial Memory Tests. Although spatial orientation is related to other neuropsychological variables in both premature and control children, there is no meaningful association with behavior or daily memory in children born preterm. The perinatal risk factors that are associated the most with visuospatial and orientation problems are surgical procedures and peri- and intraventricular hemorrhages.

Conclusions: Children born preterm with low birth weight present difficulties in their spatial orientation, and for this reason, we propose including these types of tasks in the usual neuropsychological evaluation.

Keywords

Preterm; spatial memory; spatial orientation; egocentric; allocentric; visuospatial skills.

Highlights

- Children born preterm show difficulties in egocentric and allocentric orientation
- Neuropsychological impairment in premature children is higher at younger ages
- Visuospatial problems are related to surgery and brain hemorrhages in neonatal period

1. Introduction

Children who were born before 37 weeks of gestation, called preterm or premature, show a high risk of suffering developmental alterations derived from prematurity, especially those born with very low birth weight, i.e., under 1,500 grams [1].

Neurodevelopmental disorders are related to behavioral problems and neuropsychological impairment [2,3]. The cognitive processes that are usually found to be affected in preterm infants are executive functions [4], memory [5], and visuospatial abilities [6,7]. Visuospatial abilities are necessary to identify, integrate, and analyze visual forms, details, and structures, and understand two- and three-dimensional spatial relationships, allowing us to safely navigate through our environment by accurately judging direction and distance [8].

Spatial orientation is the ability to reach a target place by following a path while navigating through the environment [9]. It is a complex ability that relies on several neuropsychological abilities: perceiving sensorial and proprioceptive stimuli, memorizing our surrounding environment, and planning a route to reach a specific location [10]. Spatial orientation is supported by the use of two frames of reference. On the one hand, the egocentric framework involves taking one's body as the reference center while monitoring movements, turns, and distances. On the other hand, the allocentric framework relies on environmental cues or landmarks and is independent from one's point of view, allowing the development of mental maps as representations of the real world [11,12]. Egocentric and allocentric orientation show different courses of development during childhood. Whereas the egocentric framework is the first to emerge in infancy [13,14], the allocentric framework starts to be used with relative efficiency at two years of age [15]. This process ends when children are able to integrate and coordinate egocentric and allocentric information. According to the environmental knowledge acquisition model [16], children are first able to recognize landmarks, then combine egocentric information with consecutive landmarks, and, finally, memorize and organize landmarks within a mental map. Although there is a lack of agreement about when this process ends, it is generally considered to occur between the ages of 7 and 10 [17,18]. Likewise, boys have some advantage over girls in allocentric orientation [19,20], and, therefore, gender is a relevant factor to consider in spatial orientation assessments.

We currently know that preterm children show problems with spatial orientation-related abilities, such as visuospatial skills [6] and short-term and working memory [5,21,22]. However, it is still not clear whether preterm children present spatial orientation difficulties. It seems that preterm children at 7 and 8 years of age show difficulties when orienting themselves on a virtual task [23]. However, this methodology fails to examine the two frameworks separately. Although virtual tasks have a lot of advantages related to adapting the difficulty level, ease of application, and the possibility of combining them with neuroimaging techniques, they usually lack some sources of information that are present in daily life orientation, such as proprioceptive, vestibular, or optic flow stimuli [15,24]. Therefore, evaluation tasks that try to reproduce some of the natural conditions of spatial orientation, but in a controlled environment, could provide us with a more accurate measurement of spatial orientation performance in real contexts.

Moreover, in prematurity, it is important to consider other variables that may be related to spatial orientation performance. The presence of some behavioral difficulties, such as internalizing, externalizing, attention, hyperactivity, emotional problems, and social problems [2,3], could potentially affect cognitive performance [3], and some perinatal risks and maternal and newborn conditions can have a later impact on neurodevelopment. Visuo-perceptual abilities in premature children may be associated with medical complications at birth [1]. However, this result was obtained using an index that measures perinatal risk and fails to differentiate which of these perinatal and obstetric variables influence later development.

The aim of the present study was to analyze the egocentric and allocentric spatial orientation performance in children born preterm with low birth weight, compared to typically developing children between 5 to 7 years old. Additionally, we aimed to discover whether the egocentric and allocentric frameworks develop at the ages of 5, 6, and 7, and whether spatial orientation performance is gender-related in both groups. We also aimed to explore the relationship between egocentric and allocentric spatial orientation performance and the development of other cognitive functions, such as visuospatial skills, as well as behavioral problems and spatial memory in daily contexts. Lastly, we aimed to evaluate the association between perinatal risk factors and later spatial orientation and visuospatial abilities in children born preterm with low birth weight.

2. Method

2.1. Participants

Preterm children were recruited from a cohort of neonates under 1,500 g and born before 37 weeks of gestation between January 2009 and December 2011 in the neonatal intensive care unit (NICU) of the Central University Hospital of Asturias (HUCA), Spain. Inclusion criteria included being between 5 and 7 years old at the time the study was carried out, a gestational age at birth of less than or equal to 37 weeks, and a birth weight of less than or equal to 1,500 g. Exclusion criteria were death, no follow-up, and preterm children with a birth weight of less than 1,500 g and with a diagnosis of malformations and/or congenital syndromes that led to evident neurological alterations. Control children born at term, also between 5 and 7 years old, were recruited from schools, primary care centers, and hospitals in Oviedo (Spain). Exclusion criteria included psychological, physical, or neurological conditions and disorders that could potentially interfere with the results, as well as an intelligence quotient (IQ) below 85, measured with the Reynolds Intellectual Screening Test (RIST) [25]. The final sample was composed of 88 preterm children and 59 control children. Parents of both groups were informed about the aims of the study and provided their written informed consent before the study began. The study was conducted in accordance with the Helsinki declaration for research in human subjects, and it was approved by the regional ethics committee.

2.2. Measurements

2.2.1. IQ

For IQ screening, we employed the *RIST (Reynolds Intellectual Screening Test)* [25], administered in 10 to 15 minutes and composed of two tasks; *Guess what* for verbal IQ assessment and *Odd-item* for non-verbal IQ assessment. In *Guess what*, the child has to find the correct word for each definition the examiner reads aloud, whereas in *Odd-item*, the child has to choose which picture does not match the rest of the pictures on the same page.

2.2.2. Visuospatial abilities

For the visuospatial abilities assessment, we employed two sub-tasks from the NEPSY-II battery [26]: *Geometric Puzzles* for mental rotation and *Route Finding* for directionality, spatial relations, and interpretation of schematic maps. On *Geometric Puzzles*, the child has to match two pairs of equal figures, but some figures could be rotated. On *Route Finding*, the child has to point out the house he/she would reach if he/she were to follow a certain path previously seen on a complex map, and follow this path with his/her finger.

2.2.3. Spatial orientation

For the spatial orientation assessment, we employed two tests: Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tests [9,27], adapted to children (Fig. 1).

First, the Egocentric Spatial Memory Task consists of four opaque panels (180 x 180 cm.) surrounding a square template (90 x 90 cm.) that form a grid (nine small squares in a 3x3 disposition, 30x30 cm. each) placed on the floor. On the Egocentric Spatial Memory Task Part A, the child has to memorize the position of two cards (pictures of a sun and a car, measuring 15 x 15 cm. each) placed in two squares on the grid while he/she is standing in the central square of the template. After 10 seconds, the examiner removes the cards, and the child must return each picture to its position. On the Egocentric Spatial Memory Task Part B, the procedure is the same, but immediately after the examiner has removed the cards, the child is rotated (90° or 180° to the left or the right, as determined on the test), and then he/she is asked to put each picture in the same place as before. The panels avoid access to environmental landmarks, so that the child is forced to use a purely egocentric response. Each part, A and B, is composed of 5 consecutive trials. In each trial, cards are in a different position than the one previously memorized, and the child can score one point for each picture placed correctly. Thus, the child can score between 0 and 10 points on each part (Fig. 1.A).

Second, the Allocentric Spatial Memory Task consists of a circular template placed on the floor (65 cm. diameter), with eight squares (18x18 cm.) along the perimeter. Again, the child has to memorize the position of the two previous cards (pictures of sun and a car, measuring 15 x 15 cm. each) placed in two of the squares of the template while he/she is standing in front of the circle. After 10 seconds, the examiner removes the pictures and blindfolds the child, walking with him/her around the template to a different location. Then, the examiner removes the mask and asks the child to place both

pictures in their correct location. Errors are immediately corrected by placing the cards in their right position. This task is composed of 3 blocks with 4 trials each. For each block, the position of the cards is the same throughout the 4 trials. The child receives one point for each picture placed correctly, so that the total score on this test varies between 0 and 24. This test includes a stop criterion: the task ends if the child obtains 0 points on two consecutive trials in the same block (Fig. 1.B).

Finally, parents completed an adapted version of *Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q)*, using only 9 of its items [28], rated on a Likert scale from 1 to 4 (1 – Never, 4

– Always). Parents are asked about their child's spatial memory abilities in a daily context. The items included were: (1) He/she remembers the path to go home; (2) He/she has a good sense of direction; (3) He/she forgets how to get to a place unless he/she has been recently told how to reach it; (4) He/she remembers where he/she has left his/her things, (5) He/she gets lost in familiar places; (6) He/she remembers where things are kept; (7) He/she recognizes places that he/she has been to before; (8) He/she is used to getting lost in places where he/she has been before; and (9) He/she is good at learning the path to reach a new place.

2.2.4. Behavioral and emotional outcomes

Parents were also asked to complete the Behavior Assessment System for Children – Parent's version (BASC) [29]. Items varied from 130 to 134 depending on the test level: level 1 (3- to 6-year-olds and Preschool Education) and level 2 (6- to 12-year-olds and Primary Education). Each item is rated on a Likert scale with 4 levels (A: never; B: sometimes; C: frequently, and D: almost always). This questionnaire consists of an adaptive and adjustment dimension, as well as a clinical and maladaptive dimension. The adaptive dimension includes subscales of adaptability, social skills, and leadership behaviors, whereas the clinical dimension involves aggressiveness, hyperactivity, behavioral problems, attention problems, atypicality, depression, anxiety, shyness, and somatization behaviors.

2.2.5. Perinatal risk factors

The variables considered for analysis were related to prenatal and/or maternal conditions during pregnancy, neonatal and/or early postnatal treatments and interventions, diseases, and pathologies, and neurological alterations. Regarding the items related to prenatal and maternal conditions, we included in vitro fertilization (IVF), multiple or single pregnancy, vaginal or caesarean delivery, chorioamnionitis, maternal arterial hypertension (AHT), prescribed maternal corticoids, and prescribed maternal antibiotics. In terms of neonatal and early postnatal interventions and treatments, we analyzed intubation, continuous positive airway pressure, mechanical ventilation, surfactant, inotropic, and surgery procedures, which in our sample involved colostomy and ileostomy related to necrotizing enterocolitis and ventriculoperitoneal shunt for hydrocephalus. Diseases and pathologies included necrotizing enterocolitis (NEC), hyaline membrane disease (HMD), patent ductus arteriosus (PDA), apnea, transfused anemia, and sepsis. The neurological alterations registered were related to periventricular and intraventricular hemorrhage (from grades 0 to III) and periventricular leukomalacia. In terms of descriptive variables, we considered intrauterine growth

status, APGAR at 1 and 5 minutes, and neurodevelopmental disorders. All variables were obtained retrospectively from electronic medical records.

2.3. Procedure

Children were assessed individually by trained psychologists in one session that lasted around 60 minutes. The procedure began with the Reynolds Intellectual Screening Test (RIST) and was followed by the Geometric Puzzles from NEPSY-II, Route Finding from NEPSY-II, Egocentric Spatial Memory Test – Children’s version, and Allocentric Spatial Memory Test – Children’s version. Parents completed sociodemographic, behavioral, and daily memory questionnaires. The experiment took place at the Faculty of Psychology and in primary schools and hospitals in Oviedo, Spain.

2.4. Statistics

All analyses were performed using SPSS 19.0 for Windows. Three-way ANOVA were employed to compare preterm and control neuropsychological performance (Group x Age x Gender). Maternal education was included as a covariate in these analyses. In order to control Egocentric part A performance, this variable was included as a covariate in a three-way ANOVA (Group x Age x Gender) in the Egocentric B analysis. When performance in each group separately was analyzed, two-way ANOVA (Age x Gender) were used. Repeated-measures ANOVA were carried out to explore differential performance across blocks of trials in the allocentric framework. A Pearson correlation was conducted to verify associations between variables. Finally, a Mann-Whitney U test was conducted when the number of participants in a group was large, as in the perinatal risk factor analysis. A p-value lower than 0.05 was considered significant.

3. Results

3.1. Sample characteristics

Table 1 shows the children’s main sociodemographic characteristics. Table 2 presents neonatal and neurodevelopmental variables of the preterm sample. There are no significant differences between the groups in terms of gender or age ($p > 0.05$), but there are significant differences in the level of maternal education ($\chi^2_3 = -15.983$; $p = 0.001$; $r = 0.329$), where control children’s mothers show higher formal education. Therefore, the variable Maternal education was considered in the following analyses.

3.2. Spatial orientation, visuospatial abilities, and IQ assessment

The ANOVA analysis (ANOVA Group x Age x Gender x Maternal education) revealed statistically significant differences between preterm and control children on the RIST ($F_{1,123} = 39.168$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.240$), Route Finding ($F_{1,123} = 6.804$; $p = 0.010$; $\eta^2 = 0.052$), Egocentric part A ($F_{1,123} = 16.180$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.116$), Egocentric part B ($F_{1,123} = 7.182$; $p = 0.008$; $\eta^2 = 0.055$), Total Allocentric ($F_{1,123} = 23.407$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.160$), Allocentric block 1 ($F_{1,123} = 6.200$; $p = 0.014$; $\eta^2 = 0.048$), Allocentric block 2 ($F_{1,123} = 20.026$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.140$), and Allocentric block 3 ($F_{1,123} = 10.935$; $p = 0.001$; $\eta^2 = 0.082$) (Fig. 2.). However, when the effect of Egocentric Part A was controlled in the Egocentric B analysis, group differences in Ego B were no longer significant ($p = 0.197$) (Table 3). In

all these variables, the scores obtained were higher for the control group than for the experimental group. The descriptive statistics for the neuropsychological performance of both the preterm and control groups are shown in Table 3.

A repeated-measures ANOVA (Blocks x Age x Gender) of the performance on the different Allocentric blocks showed significant differences ($F_{2,81}=7.767$; $p=0.001$; $\eta^2=0.161$), although no significant results were associated with Age or Gender. These differences were found only in the preterm group. This group presented differences between blocks 1 and 2 ($t_{86}=3.5$; $p=0.001$), and between 1 and 3 ($t_{86}=2.524$; $p=0.015$), but not between 2 and 3 ($p=0.493$) (Fig. 2.). In the control group, no significant differences were found when comparing performance on Allocentric blocks 1, 2, and 3 ($p=0.532$) in a repeated-measures ANOVA (Blocks x Age x Gender).

According to the Age variable, analyzing the total sample, significant differences were found on Geometric Puzzles ($F_{2,123}=45.648$; $p<0.001$; $\eta^2=0.426$), Route Finding ($F_{2,123}=7.851$; $p=0.001$; $\eta^2=0.113$), Egocentric part B ($F_{2,123}=3.130$; $p=0.047$; $\eta^2=0.048$), Total Allocentric ($F_{1,123}=5.925$; $p=0.003$; $\eta^2=0.088$), Allocentric block 2 ($F_{2,123}=4.507$; $p=0.013$; $\eta^2=0.063$), and Allocentric block 3 ($F_{2,123}=4.979$; $p=0.008$; $\eta^2=0.075$). The only significant Group x Age interaction was found on Allocentric block 1 ($F_{2,123}=4.052$; $p=0.020$; $\eta^2=0.062$), which revealed significant differences between the group of 5-year-olds and the group of 6-year-olds ($p=0.022$). Tukey's post-hoc analysis of Geometric Puzzles revealed significant differences between 5- and 6-year-olds ($p=0.033$), between 5- and 7-year-olds ($p<0.001$), and between 6- and 7-year-olds ($p<0.001$). On Route Finding, differences were found between 5- and 6-year-olds ($p=0.049$), 5- and 7-year-olds ($p<0.001$), and 6- and 7-year-olds ($p=0.004$). Egocentric test part B revealed significant differences only when comparing the 5-year-old group with the 7-year-old group ($p=0.003$). On the total Allocentric task scores, significant differences were found between 5- and 6-year-olds ($p=0.001$) and between 5- and 7-year-olds ($p=0.001$). In the second block of the Allocentric task, differences were also observed between 5- and 6-year-olds ($p=0.042$) and between 5- and 7-year-olds ($p=0.003$). The same situation is repeated in the third block of the Allocentric task, revealing differences between 5- and 6-year-olds ($p=0.007$) and between 5- and 7-year-olds ($p=0.029$). In all these comparisons, the older groups performed better than the younger ones. However, these age differences were found exclusively in the preterm sample. In the control sample, no significant differences were found through an Age x Gender ANOVA on Egocentric part A, B, Total Allocentric, or any of its blocks ($p>0.05$). The same ANOVA analysis for the preterm sample revealed statistically significant differences between ages on Egocentric part B ($F_{2,82}=5.780$; $p=0.004$; $\eta^2=0.124$), Total Allocentric ($F_{2,82}=6.945$; $p=0.002$; $\eta^2=0.145$), Allocentric block 1 ($F_{2,82}=8.265$; $p=0.001$; $\eta^2=0.168$), and Allocentric block 2 ($F_{2,82}=4.485$; $p=0.014$; $\eta^2=0.099$). Tukey's post-hoc analysis revealed differences on Egocentric part B between preterm 5- and 7-year-olds ($p=0.002$); on Total Allocentric, between preterm 5- and 6-year-olds ($p=0.004$) and between preterm 5- and 7-year-olds ($p=0.005$); in the first block of the Allocentric task, between preterm 5- and 6-year-olds ($p=0.001$), and in the second block, between preterm 5- and 7-year-olds ($p=0.011$). No significant differences were obtained for the Gender variable or the Age x Gender interaction.

None of the previous comparisons revealed significant differences based on Gender or Maternal education, or the interaction between these factors.

3.3. Relationships between egocentric and allocentric frames of reference and perinatal risk factors

Starting with the analysis of gestational age and birth weight, there were no statistically significant correlations between these two variables and Egocentric and Allocentric spatial orientation performance, visuospatial abilities, or IQ ($p > 0.05$). Regarding the perinatal risk factor analysis, the preterm sample was separated into two groups, depending on whether that specific condition or treatment had been present or not. Thus, when separating children according to single or multiple births, significant differences were found on Total Allocentric ($U=445.5$; $p=0.007$; $d=0.328$), finding that those children born in single births scored better. Dividing preterm children by type of delivery, vaginal or caesarean section, statistically significant differences were observed on Route Finding ($U=615$; $p=0.040$, $d=0.507$), with better performance by children born with vaginal delivery. Regarding continuous positive airway pressure (CPAP), significant differences were found on Geometric Puzzles ($U=389$; $p=0.039$, $d=0.610$), where children who received CPAP scored worse than those that did not. For any type of surgical intervention, significant differences were found on the RIST ($U=112$; $p=0.026$; $d=0.974$), Geometric Puzzles ($U=122$; $p=0.040$; $d=0.979$), Route Finding ($U=100.5$; $p=0.014$; $d=1.180$), Egocentric part A ($U=93$; $p=0.009$; $d=1.320$), and Egocentric part B ($U=110$; $p=0.024$; $d=1.056$). In all these comparisons, children who had not undergone any surgery had better scores. Regarding the presence of necrotizing enterocolitis, there were significant differences on the RIST ($U=37$; $p=0.004$; $d=1.752$) and Egocentric part B ($U=47$; $p=0.012$; $d=1.421$), where children without necrotizing enterocolitis obtained better scores. In the case of late onset sepsis, significant differences appeared on Geometric Puzzles ($U=423$; $p=0.002$; $d=0.853$) and Route Finding ($U=434.5$; $p=0.004$; $d=0.731$), with children who received this diagnosis performing worse. Finally, when considering the presence of intra-periventricular hemorrhages to any degree, statistically significant differences were obtained on Geometric Puzzles ($U=372$; $p < 0.001$; $d=1.118$), Route Finding ($U=522$; $p=0.015$; $d=0.775$), Egocentric part A ($U=461.5$; $p=0.006$; $d=0.824$), and Total Allocentric ($U=368.5$; $p < 0.001$; $d=1.022$). When the degree of the hemorrhage was considered (0, I, II, or III), significant differences were found on Geometric Puzzles ($\chi^2_3=14.388$; $p=0.002$; $d=0.803$), Egocentric part A ($\chi^2_3=12.021$; $p=0.007$; $d=0.703$), and Total Allocentric ($\chi^2_3=16.910$; $p=0.001$; $d=0.904$). Comparing the degree, significant differences were only found between degrees 0 and I on Geometric Puzzles ($p=0.001$), Egocentric part A ($p=0.004$), and Total Allocentric ($p < 0.001$). IVF, chorioamnionitis, AHT, corticoids, antibiotics, intubation, mechanical ventilation, surfactant, HMD, PDA, apnea, anemia, and periventricular leukomalacia did not show any significant differences.

3.4. Relationships between egocentric and allocentric frameworks and visuospatial functions, behavior, and memory in everyday contexts.

Starting with the associations for the neuropsychological measures (Table 4), in the preterm group, Egocentric part A was significantly related to the RIST ($r=0.435$; $p < 0.001$), Geometric Puzzles ($r=0.470$; $p < 0.001$), and Route Finding ($r=0.287$; $p < 0.001$), with first and second correlations showing a low effect size and the third showing a very low effect size. Egocentric part B correlated significantly with the RIST ($r=0.230$; $p=0.032$), with a very low magnitude, and with Geometric Puzzles ($r=0.457$;

$p < 0.001$) and Route Finding ($r = 0.397$; $p < 0.001$), both with a low magnitude. The total Allocentric test was significantly associated with the RIST ($r = 0.266$; $p = 0.013$), with a very low effect size, as well as with Geometric Puzzles ($r = 0.409$; $p < 0.001$) and Route Finding ($r = 0.466$; $p < 0.001$), in both cases with low effect sizes. Control children showed significant associations between Egocentric part A and the RIST ($r = 0.278$; $p = 0.033$) and Route Finding ($r = 0.274$; $p = 0.038$), both with a very low magnitude. Finally, Egocentric part B was significantly related to Route Finding ($r = 0.388$; $p = 0.003$), with a low effect size. All these correlations show direct relationships between these variables.

On the behavior analysis, in order to avoid the influence of age, T-scores for each variable were used instead of direct scores. Thus, in the preterm sample, only Leadership, assessed in 6- and 7-year-old children, but not 5-year-olds, correlated significantly and positively with Total Allocentric ($r = 0.354$; $p = 0.012$), with a low magnitude. In control children, Egocentric part A correlated significantly with Leadership ($r = 0.477$; $p = 0.002$), with a low magnitude, and with Adaptative abilities ($r = 0.280$; $p = 0.033$), with a very low magnitude. Egocentric part B was significantly and negatively associated with Atypicality ($r = -0.294$; $p = 0.025$), with a very low effect size.

Finally, after analyzing spatial memory in everyday environments through the ECM-Q questionnaire, no significant correlations were revealed in the preterm sample. However, in control children, Egocentric part A was significantly and positively associated with Item 1 ($r = 0.399$, $p = 0.018$) and Item 7 ($r = 0.478$, $p < 0.001$), and significantly and negatively associated with Item 3 ($r = -0.325$, $p = 0.026$), all with low magnitudes. The Allocentric test was significantly and directly related to Item 2 ($r = 0.379$, $p = 0.007$), Item 4 ($r = 0.287$, $p = 0.043$), and Item 9 ($r = 0.312$, $p = 0.031$), and significantly and inversely related to Item 8 ($r = -0.451$, $p = 0.001$), with all these correlations showing a very low to low effect size.

4. Discussion

The aim of the present study was to investigate spatial orientation performance in children born preterm with a low birth weight, compared to a control group of children born at term. To our knowledge, this is the first study to employ relevant functional tasks to assess spatial orientation in preterm children, making it possible to analyze the orientation frameworks separately. We also aimed to investigate spatial orientation development at these ages [5 to 7] and relate their performance with other relevant factors, such as other cognitive abilities, behavior, memory in daily contexts, and perinatal risk factors.

First, we found that preterm children show neuropsychological difficulties in terms of IQ and visuospatial abilities, which are related to directionality and map interpretation. These results agree with previous studies, where children who were born prematurely tend to score lower on the intelligence test and seem to present visuospatial perception alterations [6,7]. Moreover, we also found that allocentric spatial orientation is impaired in this population. Previous studies conducted using virtual tasks and based on allocentric responses [23] support these results, with 7- and 8-year-old preterm children making more mistakes than their at-term peers. The hippocampus is one of the main regions altered in a preterm child's brain, and it is also related to visuospatial memory problems [30]. Therefore, this hippocampal alteration could explain why preterm

children show allocentric orientation difficulties. However, some other brain dysfunctions have been found to be associated with memory difficulties in preterm children [5,22]. It is also important to mention that IQ is the most discriminative measure between children born preterm and at term, followed by Allocentric and Egocentric part A Spatial Memory Tasks, indicating that their spatial orientation performance is even worse than their visuospatial abilities. It is necessary to consider that, although both are referred to as "Egocentric", Part A serves as a short-term visuospatial memory index in 3D environments and as a measure of reference memory, whereas Part B truly assesses the egocentric framework. Alterations in visuospatial memory have been found in preterm children throughout childhood [21,22].

Moreover, there are no differences between the scores on the allocentric blocks in the control sample, although we do find differences in the preterm group. This result indicates that there is no learning effect in the control sample. One possible explanation is that the performance from the first block of the task is already high and maintained throughout all the blocks. Greater difficulty on this task could allow us to find out whether this learning effect takes place. In preterm children, the differences in performance occur in the first block, compared to the others. Preterm performance does not have a clear learning curve, but the values descend in the second block and recover partially in the third. Therefore, we cannot conclude that these differences are due to learning problems. Other possible explanations could have to do with the fatigue factor, given that this task was the last one in the assessment protocol. Additionally, neuropsychological functions that have been found to be altered in preterm children, such as attention and working memory [22], could be influencing these results: attention levels could decrease as the task progresses, and working memory problems could cause previously learned trials to interfere in the performance on the newer ones. Another possible factor would be the lack of motivation, especially in those children who made more errors.

Regarding the age of the participants, younger children tend to score lower than their older peers on visuospatial functioning and egocentric and allocentric spatial performance. Whereas visuospatial tests (Route Finding and Geometric Puzzles) discriminate between all ages, the Allocentric test differentiates the 5-year-old group from the rest of the age groups, and Egocentric test part B differentiates between 5- and 7-year-olds. However, it seems that the only difference between preterm and control performance related to age is in Block 1 of the Allocentric test, specifically, between 5- and 6-year-old children. Thus, premature birth seems to be the relevant factor.

Regarding gender, boys do not outperform girls and vice versa, in preterm or at-term children, on spatial orientation performance. On spatial orientation virtual tasks, typically developing males [20] and preterm males [23] seem to perform better than girls. However, on real-based tasks, results are still contradictory in children born at term, with some studies finding that boys outperform girls [19,31], whereas others do not observe any differences based on gender [32], or they even reveal that girls achieve better results than boys [33]. Therefore, the influence of gender on the performance on spatial orientation tasks in childhood is not clearly defined.

All the spatial orientation tasks are related to the other neuropsychological measures in preterm children, IQ and visuospatial abilities, and the magnitudes of these

associations are larger than those found in controls. As expected, visuospatial abilities, especially those related to directionality and establishing spatial relations, are related to all the spatial orientation outcomes in the preterm group, but only to egocentric orientation in the at-term children. Regarding Route Finding administration, it can be assumed that 2D egocentric strategies are employed to solve the task because an allocentric strategy cannot be used efficiently due to the absence of landmarks. Therefore, preterm children would tend to also use allocentric strategies to deal with the Route Finding test and vice versa. Moreover, it seems that only preterm children also use mental rotation skills to orient themselves during spatial memory tests. Relationships between IQ and the other spatial tasks in preterm children are especially striking, although the functions involved are not the same, or even similar. These results reinforce the idea that preterm children use different functions to solve spatial orientation tasks. However, we also find that in controls, IQ is related to Egocentric part A. In general, fluid intelligence, included in the test, has been associated with working memory capacities [34]. Thus, it is logical that to perform this task, typically developing and preterm children would employ skills related to fluid intelligence. On successive spatial tasks, control children generalize strategies previously used to face these new tests, but this does not seem to be the case in preterm children.

Furthermore, we found that behavior is related to spatial orientation results, but curiously, these variables seem more relevant for controls than for preterm children. In both groups, we found that adaptive behaviors are related to better performance on spatial orientation. In the case of the controls, we also found that the variable Atypicality, related to the presence of psychotic symptoms, is related to worse Egocentric part B scores. There is not much literature that relates behavior to spatial orientation performance. However, behaviors such as withdrawal, attention problems, and aggressiveness have been found to affect spatial memory performance [31]. Thus, behavioral assessments seem to be relevant in completely understanding spatial orientation achievements during childhood.

With regard to spatial memory in real contexts, scores on the questionnaire completed by parents seem to be associated with experimental spatial orientation tasks, but only in control children. The items that assess short-term and working memory are associated with Egocentric Part A, which is more related to this function. In Part A, children are asked not only to remember the position of the cards, but also to inhibit previously memorized positions. On the other hand, the orientation items are associated with allocentric orientation. The lack of association between spatial orientation tests and the memory questionnaire in the preterm sample may indicate that spatial orientation tests are not a truly functional measure of spatial memory in preterm children. However, it should be taken into account that this questionnaire collects subjective information from parents and is not a direct measure of orientation.

In terms of perinatal risk factors, we found that factors related to IQ impairment were surgery and necrotizing enterocolitis; factors linked to visuospatial difficulties were caesarean delivery, CPAP, surgery, late onset sepsis, and intraventricular hemorrhage; and factors associated with the Egocentric test were surgery, necrotizing enterocolitis, and intraventricular hemorrhages; whereas Allocentric task performance was related to multiple delivery and intraventricular hemorrhages. Thus, visuospatial ability was most affected by different risk factors, followed by egocentric orientation, and, lastly, IQ and

allocentric orientation. Furthermore, we found that undergoing early surgery was the risk factor related to the greatest number of cognitive dysfunctions, followed by intraventricular hemorrhage, late onset sepsis, necrotizing enterocolitis, and, lastly, CPAP and type of delivery (multiple/single and vaginal/caesarean). According to previous studies, early surgery in preterm children seems to be related to a greater risk of suffering future sensorineural disability [35], as well as cognitive impairment [36]. Specifically, our sample underwent surgery for hydrocephalus and necrotizing enterocolitis. It has been found that the risk of disability is higher in preterm children who have had an operation for ventricular drainage and bowel surgery [35], but the authors concluded that the type of surgery carried out is not as important as whether or not it took place. Early hemorrhages are related to a greater impact on neurodevelopment in very and extremely preterm children [37]. With regard to late onset sepsis, it has been related to memory, attention, and IQ impairment, but, contrary to our results, not to visuospatial abilities [38]. Lower IQ or developmental status is also found in preterm children with both necrotizing enterocolitis and sepsis [39]. Contrary to our results, previous studies show that the CPAP procedure does not seem to have an impact on neuropsychological outcomes in preterm children [40]. However, it should be kept in mind that when a newborn receives CPAP, it is often due to a previous respiratory complication that could have had an impact on the oxygen supply to the brain. Thus, for example, lower oxygen saturation in cerebral tissue is related to worse cognitive outcomes in preterm children [41]. Regarding multiple or single pregnancy, preterm twins seem to show lower language and visual processing outcomes than preterm single births [42]. Based on our results and scientific evidence, it appears that the factors related to greater neuropsychological dysfunction, mainly to visuospatial and spatial orientation skills, are surgical procedures, intra-periventricular hemorrhages, and multiple pregnancies. Surprisingly, and contrary to what was expected, neither gestational age nor birth weight was associated with neuropsychological performance. However, it should be taken into consideration that this study focused on children born preterm with a very low birth weight. Thus, the sample's relative homogeneity on these two variables may keep us from finding relationships.

Our study has some limitations. A more extensive neuropsychological evaluation protocol could allow us to analyze spatial orientation performance considering a greater number of influential factors. Likewise, inherent characteristics of the preterm sample lead to the same subject presenting several of the perinatal risk factors analyzed, and so we cannot determine which factors are causing the cognitive impairment.

Despite this, our study proposes including spatial orientation tasks in the neuropsychological evaluation protocols in order to detect possible deficits and design appropriate interventions. We have been able to verify that low birth weight preterm children from 5 to 7 years of age present difficulties in their allocentric spatial orientation capacities. In addition, their performance on spatial orientation seems to depend on visuospatial abilities.

Conflict of interest statement

None declared

References

- [1] M. del M. Sanchez-Joya, N. Sanchez-Labraca, M.D. Roldan-Tapia, T. Moral Rodríguez, J. Ramos Lizana, P. Roman, Neuropsychological assessment and perinatal risk: A study amongst very premature born 4- and 5-year old children, *Res. Dev. Disabil.* 69 (2017) 116–123. doi:10.1016/j.ridd.2017.08.008.
- [2] E. Arpi, F. Ferrari, Preterm birth and behaviour problems in infants and preschool-age children: a review of the recent literature., *Dev. Med. Child Neurol.* 55 (2013) 788–796. doi:10.1111/dmcn.12142.
- [3] M. Delobel-Ayoub, C. Arnaud, M. White-Koning, C. Casper, V. Pierrat, M. Garel, A. Burguet, J.-C. Roze, J. Matis, J.-C. Picaud, M. Kaminski, B. Larroque, Behavioral Problems and Cognitive Performance at 5 Years of Age After Very Preterm Birth: The EPIPAGE Study, *Pediatrics.* 123 (2009) 1485–1492. doi:10.1542/peds.2008-1216.
- [4] R. Everts, C.G. Schöne, I. Mürner-Lavanchy, M. Steinlin, Development of executive functions from childhood to adolescence in very preterm-born individuals - A longitudinal study, *Early Hum. Dev.* 129 (2019) 45–51. doi:10.1016/j.earlhumdev.2018.12.012.
- [5] C. Omizzolo, S.E. Scratch, R. Stargatt, H. Kidokoro, D.K. Thompson, K.J. Lee, J. Cheong, J. Neil, T.E. Inder, L.W. Doyle, P.J. Anderson, Neonatal Brain Abnormalities and Memory and Learning Outcomes at 7 Years in Children Born Very Preterm, *Memory.* 22 (2014) 605–615. doi:10.1080/09658211.2013.809765.
- [6] P.R. Butcher, A. Bouma, E.F., Stremmelaar, A.F. Bos, M. Smithson, K.N.J.A. Van Braeckel, Visuospatial perception in children born preterm with no major neurological disorders, *Neuropsychology.* 26 (2012) 723–734. doi:10.1037/a0029298.
- [7] S. van Veen, A.G. van Wassenaeer-Leemhuis, A.H. van Kaam, J. Oosterlaan, C.S.H. Aarnoudse-Moens, Visual perceptive skills account for very preterm children's mathematical difficulties in preschool, *Early Hum. Dev.* 129 (2019) 11–15. doi:10.1016/j.earlhumdev.2018.12.018.
- [8] D. Voyer, S. Voyer, M. P. Bryden, Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables, *Psychol. Bull.* 117 (1995) 250–270. doi:10.1037/0033-2909.117.2.250.
- [9] C. Fernandez-Baizan, J.L. Arias, M. Mendez, Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance, *Behav. Brain Res.* 359 (2019) 694–700. doi:10.1016/j.bbr.2018.09.017.
- [10] F. Chersi, N. Burgess, The Cognitive Architecture of Spatial Navigation: Hippocampal and Striatal Contributions, *Neuron.* 88 (2015) 64–77. doi:10.1016/j.neuron.2015.09.021.
- [11] C. Fernandez-Baizan, J.L. Arias, M. Mendez, Spatial orientation assessment in preschool children : Egocentric and allocentric frameworks, *Appl. Neuropsychol. Child.* (2019) 1–23. doi:10.1080/21622965.2019.1630278.
- [12] M. Boccia, F. Nemmi, C. Guariglia, Neuropsychology of environmental navigation in humans: Review and meta-analysis of fMRI studies in healthy participants, *Neuropsychol. Rev.* 24 (2014) 236–251. doi:10.1007/s11065-014-9247-8.
- [13] L.P. Acredolo, Development of spatial orientation in infancy., *Dev. Psychol.* 14 (1978) 224–234. doi:10.1037/0012-1649.14.3.224.
- [14] L.P. Acredolo, D. Evans, Developmental changes in the effects of landmarks on infant spatial behavior., *Dev. Psychol.* 16 (1980) 312–318. doi:10.1037/0012-1649.16.4.312.
- [15] N. Newcombe, J. Huttenlocher, A.B. Drummey, J.G. Wiley, The development of spatial location coding: Place learning and dead reckoning in the second and third years, *Cogn. Dev.* 13 (1998) 185–200. doi:10.1016/S0885-2014(98)90038-7.

- [16] A.W. Siegel, S.H. White, The development of spatial representations of large-scale environments, in: H.W. Reese (Ed.), *Adv. Child Dev. Behav.*, Academy Press, New York, 1975: pp. 9–55.
- [17] G. Ruggiero, O. D’Errico, T. Iachini, Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age, *Psychol. Res.* 80 (2016) 259–272. doi:10.1007/s00426-015-0658-9.
- [18] B. Leplow, M. Lehnung, J. Pohl, A. Herzog, R. Ferstl, M. Mehdorn, Navigational place learning in children and young adults as assessed with a standardized locomotor search task., *Br. J. Psychol.* 94 (2003) 299–317. doi:10.1348/000712603767876244.
- [19] P. Sorrentino, A. Lardone, M. Pesoli, M. Liparoti, S. Montouri, G. Curcio, G. Sorrentino, L. Mandolesi, F. Foti, The Development of Spatial Memory Analyzed by Means of Ecological Walking Task, *Front. Psychol.* 10 (2019) 1–10. doi:10.3389/fpsyg.2019.00728.
- [20] I. León, J.M. Cimadevilla, L. Tascón, Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task., *Neuropsychology.* 28 (2014) 485–495. doi:10.1037/neu0000054.
- [21] I.S. Baron, K. Erickson, M.D. Ahronovich, F.R. Litman, J. Brandt, Spatial Location Memory Discriminates Children Born at Extremely Low Birth Weight and Late-Preterm at Age Three, *Neuropsychology.* 24 (2010) 787–794. doi:10.1037/a0020382.
- [22] C.A.C. Clark, L.J. Woodward, Neonatal Cerebral Abnormalities and Later Verbal and Visuospatial Working Memory Abilities of Children Born Very Preterm, *Dev. Neuropsychol.* 35 (2010) 622–642. doi:10.1080/87565641.2010.508669.
- [23] J.M. Cimadevilla, L. Roldán, M. París, M. Arnedo, S. Roldán, Spatial learning in a virtual reality-based task is altered in very preterm children, *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 36 (2014) 1002–1008. doi:10.1080/13803395.2014.963520.
- [24] D. van den Brink, G. Janzen, Visual spatial cue use for guiding orientation in two-to-three-year-old children, *Front. Psychol.* 4 (2013) 1–12. doi:10.3389/fpsyg.2013.00904.
- [25] C.R. Reynolds, R.W. Kamphaus, *RIAS (Reynolds Intellectual Assessment Scales) and the RIST (Reynolds Intellectual Screening Test). Professional Manual*, Psychological Assessment Resources, Florida, 2003.
- [26] M. Korkman, U. Kirk, S. Kemp, *NEPSY-II, Second Edi*, San Antonio, TX, 2007.
- [27] C. Fernandez-Baizan, E. Diaz-Caceres, J.L. Arias, M. Mendez, Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: Performance on real-world tasks, *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 52 (2019) 1–7. doi:10.1590/1414-431x20198041.
- [28] M. Juan, M. Mendez-lopez, E. Perez-hernandez, Augmented Reality for the Assessment of Children ’ s Spatial Memory in Real Settings, *PLoS One.* (2014) 1–26. doi:10.1371/journal.pone.0113751.
- [29] C.R. Reynolds, R.W. Kamphaus, *BASC: Behavior assessment system for children: manual*, Circle Pines, MN: American Guidance Service, 1992.
- [30] S. Aanes, K.J. Bjuland, K. Sripatha, A.E. Sølshes, K.H. Grunewaldt, A. Håberg, G.C. Løhaugen, J. Skranes, Reduced hippocampal subfield volumes and memory function in school-aged children born preterm with very low birthweight (VLBW), *NeuroImage Clin.* 23 (2019) 101857. doi:10.1016/j.nicl.2019.101857.
- [31] D. Rodriguez-Andres, M. Mendez-Lopez, M.C. Juan, E. Perez-Hernandez, A virtual object-location task for children: Gender and videogame experience influence navigation; age impacts memory and completion time, *Front. Psychol.* 9 (2018) 1–13. doi:10.3389/fpsyg.2018.00451.
- [32] F. Ribordy, A. Jabès, P. Banta Lavenex, P. Lavenex, Development of allocentric spatial memory abilities in children from 18 months to 5 years of age, *Cogn. Psychol.* 66 (2013) 1–29. doi:10.1016/j.cogpsych.2012.08.001.
- [33] A. Bocchi, L. Palermo, M. Boccia, M. Palmiero, S. D’Amico, L. Piccardi, Object recognition and location: Which component of object location memory for landmarks is affected by gender? Evidence from four to ten year-old children, *Appl. Neuropsychol.*

- Child. 0 (2018) 1–10. doi:10.1080/21622965.2018.1504218.
- [34] Z. Shipstead, T.L. Harrison, R.W. Engle, Working Memory Capacity and Fluid Intelligence : Maintenance and Disengagement, *Perspect. Psychol. Sci.* 11 (2016) 771–799. doi:10.1177/1745691616650647.
- [35] R.W. Hunt, L.M. Hickey, A.C. Burnett, P.J. Anderson, J.L.Y. Cheong, L.W. Doyle, Early surgery and neurodevelopmental outcomes of children born extremely preterm, *Arch. Dis. Child. - Fetal Neonatal Ed.* 103 (2018) F227 LP-F232. <http://fn.bmj.com/content/103/3/F227.abstract>.
- [36] A. Trivedi, K. Walker, A. Loughran-Fowlds, R. Halliday, A. J A Holland, N. Badawi, The impact of surgery on the developmental status of late preterm infants - a cohort study., *J. Neonatal Surg.* 4 (2015) 2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26023526><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4420401>.
- [37] A. Mukerji, V. Shah, P.S. Shah, Periventricular/Intraventricular Hemorrhage and Neurodevelopmental Outcomes: A Meta-analysis, *Pediatrics.* 136 (2015) 1132–1143. doi:10.1542/peds.2015-0944.
- [38] M. van der Ree, J.C. Tanis, K.N.J.A. Van Braeckel, A.F. Bos, E. Roze, Functional impairments at school age of preterm born children with late-onset sepsis, *Early Hum. Dev.* 87 (2011) 821–826. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.06.008.
- [39] B.J. Stoll, N.I. Hansen, I. Adams-Chapman, A.A. Fanaroff, S.R. Hintz, B. Vohr, Neurodevelopmental and growth impairment among extremely low-birth-weight infants with neonatal infection, *J. Am. Med. Assoc.* 292 (2004) 2357–2365. <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed6&NEWS=N&AN=2004490161>.
- [40] P. Wintermark, J.F. Tolsa, G. Van Melle, M. Forcada-Guex, A.C. Moessinger, Long-term outcome of preterm infants treated with nasal continuous positive airway pressure, *Eur. J. Pediatr.* 166 (2007) 473–483. doi:10.1007/s00431-006-0272-3.
- [41] E.A. Verhagen, K.N.J.A. Van Braeckel, C.N. van der Veere, H. Groen, P.H. Dijk, C. V. Hulzebos, A.F. Bos, Cerebral oxygenation is associated with neurodevelopmental outcome of preterm children at age 2 to 3 years, *Dev. Med. Child Neurol.* 57 (2015) 449–55. doi:10.1111/dmcn.12622.
- [42] S. Raz, J.C. Piercy, A.M. Heitzer, B.N. Peters, J.B. Newman, A.K. Debastos, N. Ofen, B. Batton, D.G. Batton, Neuropsychological Functioning in Preterm-Born Twins and Singletons at Preschool Age, *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 22 (2016) 865–877. doi:10.1017/S1355617716000758.

Figure Legends

Figure 1. Egocentric (A) and Allocentric (B) Spatial Memory Tests adapted to children. (A) Egocentric item example. In Part A, child is standing in the central square of the template in both sample and retention. In Part B, immediately after the examiner has removed the cards, the child is rotated (90° or 180° to the left or the right and then, he/she is asked to put each picture in the same places as before. (B) Allocentric Block example. While child's location varies in each trial, the position of the cards is always the same.

Figure 2. Comparison of allocentric blocks between preterm and control children (Mean and SEM). Control children show significantly better scores than premature in block 1 (Allo 1), block 2 (Allo 2) and block 3 (Allo 3) (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$). Preterm children perform significantly better in block 1 than in block 2 (& $p < 0.001$) and block 3 (# $p = 0.015$).

Table 1. Distribution of the sample according to age, gender, and level of education of the mother in the preterm and control groups.

	Preterm			Control		
	N (%)					
Age	Boys (N)	Girls (N)	N (%)	Boys (N)	Girls (N)	N (%)
5 years	18	12	34.1	7	14	32.2
6 years	17	12	33	12	9	35.6
7 years	14	15	33	13	7	32.2
Maternal educational level						
Bachelor's degree	47.1%			82%		
Technical	29.9%			10%		
Secondary	14.9%			6%		
Primary	8%			2%		
Illiterate	0%			0%		

Table 2. Neonatal and neurodevelopmental description of the preterm sample (Mean and SD or %)

Mean (SD)	
Birth weight (grams)	1150.43 (240.01)
Gestational age (weeks)	30.12 (2.83)
APGAR test (1 minute)	6.97 (2.20)
APGAR test (5 minutes)	8.57 (1.50)
N (%)	
Intrauterine growth status	
Small for gestational age (<Pc10)	26 (29.54%)
Appropriate for gestational age	58 (65.90%)
Large for gestational age (>Pc10)	4 (4.54%)
Neurodevelopmental alterations	
Any developmental disorder	17 (19.5%)
ADHD	3 (3.4%)
Learning disorder	2 (1.1%)
Cerebral palsy	5 (5.7%)
Behavioral problems	3 (3.4%)
Autistic spectrum disorder	2 (2.3%)
Language disorder	10 (11.5%)

Table 3. Comparisons of preterm and control children on neuropsychological outcomes (Mean and SEM) on IQ assessed by the RIST, Geometric puzzles (GP), Route finding (RF), Egocentric Part A (EgoA), Egocentric Part B (EgoB), and Allocentric (Allo) tests. Statistically significant differences between groups are observed on the RIST, RF, EgoA and Allo ($p < 0.01$).

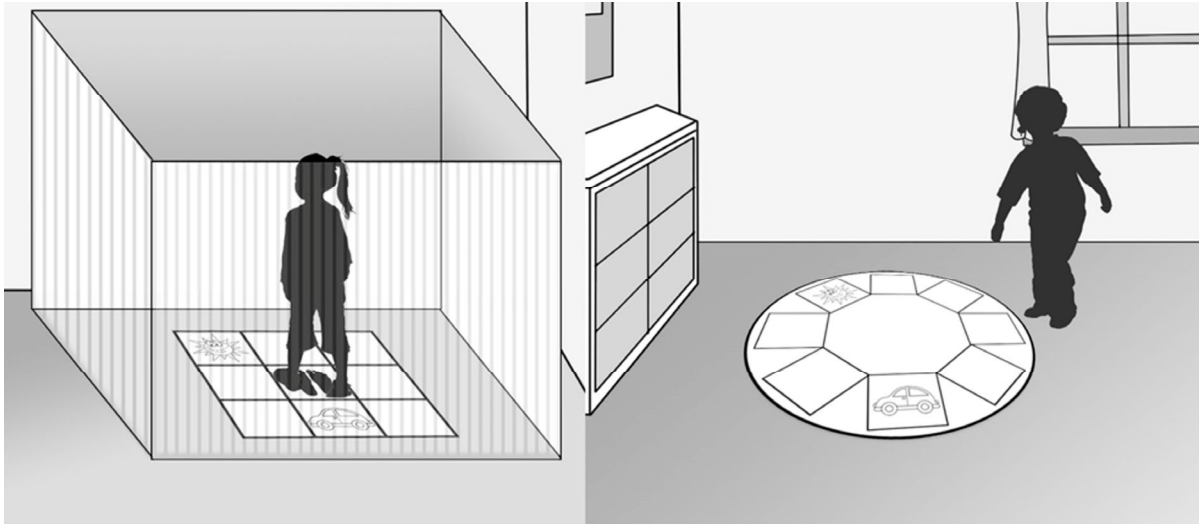
	Preterm						Control						Significant Effects		
	Mean (SEM)						Mean (SEM)						Group	Gender	Age
	Total Sample	Gender		Age			Total Sample	Gender		Age					
	Boy	Girl	5	6	7		Boy	Girl	5	6	7				
RIST	90.51 (1.815)	90.65 (2.304)	90.33 (2.932)	89.87 (2.571)	92.86 (3.472)	88.83 (3.408)	109.56 (1.662)	112.28 (2.288)	106.40 (2.328)	108.62 (2.531)	109.19 (2.837)	110.55 (3.376)	p<0.001	p=0.267	p=0.875
GP	18.27 (0.616)	17.80 (0.743)	18.87 (1.035)	14.57 (0.657)	16.14 (0.684)	24.24 (0.843)	19.72 (0.510)	20.32 (0.713)	19.03 (0.723)	16.95 (0.505)	18.86 (0.508)	23.30 (0.921)	p=0.062	p=0.970	p<0.001
RF	2.94 (0.274)	2.94 (0.377)	2.97 (0.402)	1.57 (0.213)	2.86 (0.420)	4.48 (0.572)	4.38 (0.373)	5.19 (0.544)	3.53 (0.469)	3.05 (0.484)	4.05 (0.678)	6.05 (0.591)	p=0.010	p=0.164	p<0.001
EgoA	7.92 (0.238)	7.82 (0.338)	8.16 (0.328)	7.23 (0.392)	7.93 (0.480)	8.76 (0.316)	9.27 (0.131)	9.44 (0.162)	9.13 (0.208)	9.05 (0.263)	9.43 (0.202)	9.40 (0.210)	p<0.001	p=0.915	p=0.126
EgoB*	5.61 (0.252)	5.57 (0.317)	5.74 (0.411)	4.50 (0.324)	5.82 (0.466)	6.66 (0.428)	6.71 (0.273)	6.97 (0.411)	6.43 (0.358)	6.30 (0.471)	6.71 (0.489)	7.10 (0.464)	p=0.197	p=0.704	p=0.047
Allo total	12.97 (0.656)	12.45 (0.798)	13.92 (1.091)	9.77 (1.053)	14.71 (1.019)	14.97 (1.087)	17.37 (0.660)	18.52 (0.847)	16.17 (0.984)	15.05 (1.274)	18.05 (0.912)	18.95 (1.101)	p<0.001	p=0.901	p=0.003
Allo block 1	4.90 (0.253)	4.73 (0.330)	5.24 (0.395)	3.73 (0.377)	5.96 (0.343)	5.24 (0.485)	5.88 (0.321)	6.03 (0.451)	5.73 (0.465)	5.70 (0.529)	5.62 (0.567)	6.35 (0.586)	p=0.014	p=0.599	p=0.093
Allo block 2	3.91 (0.301)	3.67 (0.398)	4.29 (0.459)	2.93 (0.444)	3.79 (0.576)	5.14 (0.473)	5.42 (0.371)	6.10 (0.455)	4.63 (0.566)	4.05 (0.745)	6.14 (0.508)	5.90 (0.589)	p<0.001	p=0.707	p=0.013
Allo block 3	4.16 (0.303)	4.04 (0.402)	4.39 (0.464)	3.10 (0.528)	4.96 (0.464)	4.59 (0.524)	6.03 (0.283)	6.32 (0.395)	5.80 (0.408)	5.30 (0.576)	6.29 (0.421)	6.60 (0.444)	p=0.001	p=0.805	p=0.08

* P values reported in Egocentric B are those obtained from the covariance analysis of Egocentric A

Table 4. Correlations of Egocentric (parts A and B) Spatial Memory Test and Allocentric (Total) Spatial Memory Test with neuropsychological outcomes from RIST, Geometric Puzzles, and Route Finding

		Preterm sample			Control sample		
		Egocentric A	Egocentric B	Allocentric total	Egocentric A	Egocentric B	Allocentric total
RIST	Pearson correlation	.435**	.230*	.266*	.278*	.238	.169
	P value	.000	.032	.013	.033	.069	.200
Geometric puzzles	Pearson correlation	.470**	.457**	.409**	.087	.127	.244
	P value	.000	.000	.000	.514	.344	.065
Route finding	Pearson correlation	.287**	.397**	.466**	.274*	.388**	.250
	P value	.007	.000	.000	.038	.003	.059

*p=0.05; **p=0.01



A **PART A**

Sample			Retention		

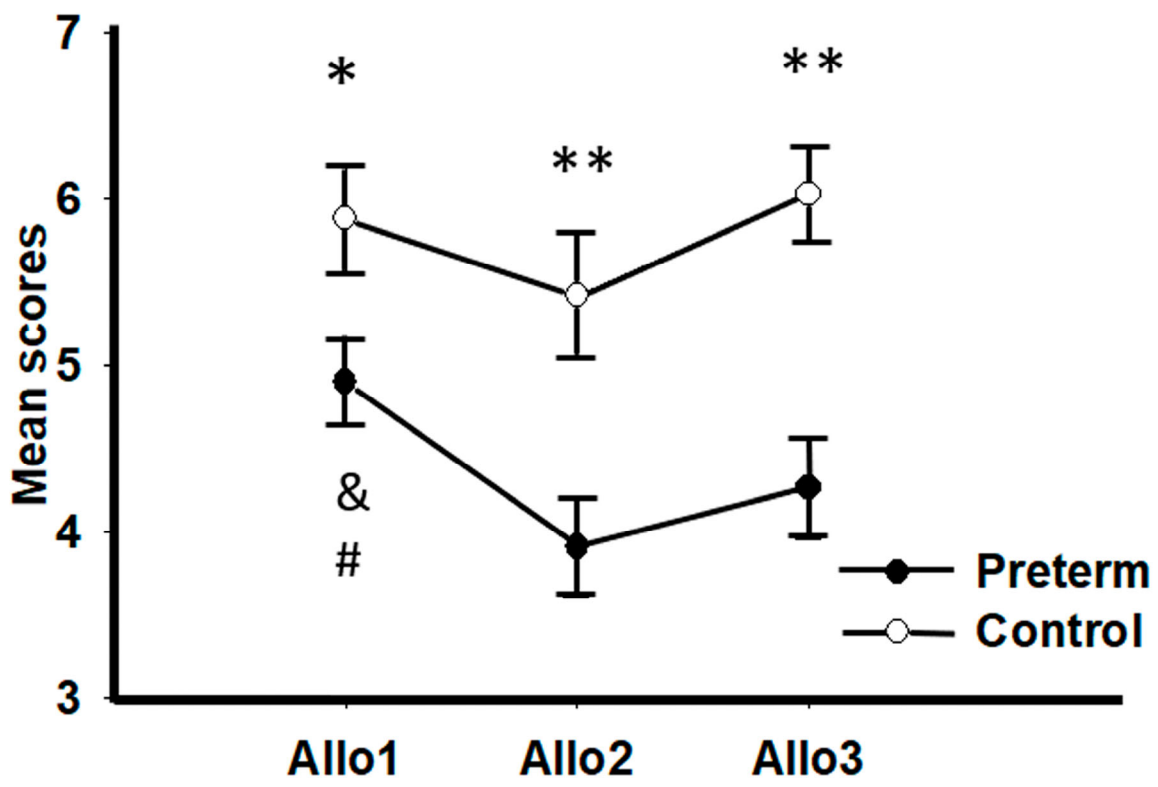
PART B

Sample			Retention		

B **BLOCK 1**

Trial 1 **Trial 2**

Trial 3 **Trial 4**



Egocentric and allocentric spatial memory in typically developed children: Is spatial memory associated with visuospatial skills, behavior, and cortisol?

Cristina Fernandez-Baizan^{1,2}  | Paula Nuñez^{1,3} | Jorge L. Arias^{1,2} | Marta Mendez^{1,2} 

¹Faculty of Psychology, Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA), Oviedo, Spain

²Faculty of Psychology, Department of Psychology, University of Oviedo, Oviedo, Spain

³Faculty of Medicine, Department of Functional Biology, University of Oviedo, Oviedo, Spain

Correspondence

Marta Mendez, Faculty of Psychology, Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA), Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain.
Email: mendezmarta@uniovi.es

Funding information

Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación Del Gobierno de España, Grant/Award Number: PSI2017-83893-R, PSI2015-73111-EXP and PSI2017-90806-REDT; Programa "Severo Ochoa" de Ayudas Predoctorales de la Consejería de Cultura y Deporte del Principado de Asturias, Grant/Award Number: PA-17-PF-BP16090

Abstract

Introduction: Spatial orientation relies mainly on two frameworks. The egocentric depends on our own position and point of view. The allocentric relies on remembering, recalling, and recognizing environmental stimuli called landmarks. The aim of this study was to analyze the egocentric and allocentric spatial memory performance in children of different ages using two experimental memory card-placing tasks. We also aimed to examine relationships between spatial memory and other cognitive, physiological, and behavioral factors that, potentially, could be associated with spatial memory performance. Those were other visuospatial functions, the regular behavior of the child, cortisol levels, and daily life spatial memory.

Methods: We assessed 62 children (5, 6, and 7 years) using card-placing tasks. We used RIST for IQ evaluation and subtest from NEPSY-II for visuospatial ability assessment. Collection of saliva sample was carried out for cortisol analysis. Parents completed BASC questionnaire for behavioral evaluation and ECM-Q questionnaire for daily life spatial memory evaluation.

Results: Our results showed that older children performed better on mental rotation. Directionality, map interpretation, and daily memory were directly associated with both egocentric and allocentric orientation. Egocentric performance was positively related to leadership abilities but negatively to depression and atypicality, while allocentric performance was directly associated with adaptive behavior but inversely with hyperactivity. Finally, cortisol values were positively associated with allocentric performance.

Conclusions: Our study shows the development of different spatial abilities between 5 and 7 years, as well as the relationship between orientation performance, visuospatial skills, behavior, and cortisol.

KEYWORDS

allocentric, children, cortisol, egocentric, spatial memory

The peer review history for this article is available at <https://publons.com/publon/10.1111/brb3.1532>

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2020 The Authors. *Brain and Behavior* published by Wiley Periodicals, Inc.

1 | INTRODUCTION

To be able to orientate ourselves in our surrounding environment, we employ mainly two frameworks. The egocentric framework depends on our own organism's cues, in other words, our own position and point of view (Ruggiero, Iachini, Ruotolo, & Senese, 2009), considering information like turns, directions, distances, speed, etc. This egocentric framework also involves some other systems, like the kinesthetic, optic, and vestibular (van den Brink & Janzen, 2013). The allocentric framework relies on remembering, recalling, and recognizing environmental stimuli called landmarks (Ruggiero et al., 2009) that progressively compose a mental image about a place or location (Burgess, 2008).

Spatial orientation development starts early in childhood (see Fernandez-Baizan, Arias, & Mendez, 2019a; Fernandez-Baizan, Arias, & Mendez, 2019b for a complete review). While the allocentric framework has been widely studied in normalized developed children in recent years, the egocentric orientation has received less attention (Fernandez-Baizan, Díaz-Caceres, Arias, & Mendez, 2019). It is difficult, based on the current spatial orientation assessment tests available, to compare between the two frameworks and to establish a course of improvement for these abilities. There is consensus on that the egocentric information is the very first to be employed by infants (Acredolo, 1978; Acredolo & Evans, 1980), but there is no agreement about when allocentric framework is completely developed, finding some studies that at least half of 5-year-old children reach an adult-level performance (Ribordy Lambert, Lavenex, & Banta Lavenex, 2017), while others consider that this happens between the ages of 7 and 10 (Leplow et al., 2003; Overman, Pate, Moore, & Peleuster, 1996; Ruggiero, D'Errico, & Iachini, 2016). For this reason, it is necessary to know how is the course of normalized development of spatial orientation in typical developed children. This will help to achieve an earlier diagnostic in risk populations, such as those affected by neurological conditions that have been found to suffer spatial orientation problems, such as the Williams syndrome (Nunes et al., 2013), cerebral palsy (Belmonti, Fiori, Guzzetta, Cioni, & Berthoz, 2015), fetal alcohol syndrome (Hamilton, Kodituwakku, Sutherland, & Savage, 2003), prematurity (Cimadevilla, Roldán, París, Arnedo, & Roldán, 2014), and developmental topographical disorientation (Palermo, Foti, Ferlazzo, Guariglia, & Petrosini, 2014).

However, spatial orientation performance may be influenced by numerous factors, such as gender, visuospatial abilities, hormonal regulation, and behavior pattern. Therefore, it seems important to characterize the execution on egocentric and allocentric spatial orientation taking into account its relationship with these factors. Adult men usually outperform adult women (Fernandez-Baizan et al., 2019a, 2019b), although results in children are contradictory (Juan, Mendez-Lopez, & Perez-Hernandez, 2014; León, Cimadevilla, & Tascón, 2014; Rodríguez-Andres, Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Lluch, 2016; Sorrentino et al., 2019), and there is still no agreement on the influence of gender at earlier ages. It is also important to consider that in childhood the ability to orient ourselves in space is related to improvements in other cognitive functions.

Previous studies have pointed out that visuospatial abilities such as mental rotation and the ability to transfer maps from 2D to 3D environments have been related to spatial memory abilities in both adults (Astur, Tropp, Sava, Constable, & Markus, 2004) and children (Vasilyeva & Bowers, 2006). Hormonal regulation has been proposed as an important factor on cognitive performance. Higher cortisol values seem to be related to main brain areas involved in this function, such as hippocampal volume in adults (Pruessner, Pruessner, Hellhammer, Bruce Pike, & Lupien, 2007), children, and adolescents (Wiedenmayer et al., 2006). However, there are still contradictory behavioral results in adults, with some studies pointing out that higher cortisol levels could improve spatial orientation performance (Kukulja, Thiel, Wolf, & Fink, 2008; Meyer et al., 2013), while others do not (Schwabe et al., 2007; Schwabe, Oitzl, Richter, & Schächinger, 2009). In childhood, moderate to high cortisol values have been related to improvement in some cognitive functions (Bäumler et al., 2014; Blair, Granger, & Razza, 2005; Davis, Bruce, & Gunnar, 2002; Forns et al., 2014; Saridjan et al., 2014), but to our knowledge, the association between this hormone, spatial orientation, and visuospatial abilities have not yet been studied in children. Finally, the way we behave on a day-to-day basis can also affect neuropsychological performance. In this sense, it has been found that children who present an externalizing behavioral pattern tend to present greater difficulties in attentional tasks and executive functions, while children who show a more internalizing pattern present greater problems in verbal abilities and in memory, while both behavioral profiles showed difficulties in visuospatial abilities (Blanken et al., 2017). Thus, spatial orientation performance may also be associated with child's behavior.

The main aim of this study was to analyze the egocentric and allocentric spatial orientation performance in typically developed children aged between 5 and 7 using functional and ecological tasks, which allow us to reproduce similar conditions that occur in daily orientation and to compare between frameworks, and to know how these abilities are related to gender, spatial cognition, behavior, and cortisol levels. First, our purpose was to examine whether or not there is an improvement of these frameworks at these ages. We hypothesized that the allocentric framework, but not the egocentric framework, would progress from the ages of 5–7. Second, we aimed to compare egocentric and allocentric orientation performance between genders. We hypothesized that boys would outperform girls in the allocentric test but would obtain similar results in the egocentric one. Third, we aimed to compare both types of orientation in order to know which is better performed. We hypothesized that egocentric achievement would be better than allocentric, as the first one develops earlier in childhood. Fourth, we aimed to relate our spatial orientation tasks with the performance of the child on daily life spatial memory, in order to verify whether our tasks are effectively functional and ecological. We hypothesize that day-to-day memory measurements and spatial orientation test results would be moderately associated. Fifth, our purpose was to examine the existence of any relationship between spatial orientation tasks and other visuospatial tests, with the aim to provide a more complete profile of

space ability development. We expected that spatial orientation and visuospatial skills would be related, but with low to moderate magnitude, as they measure different functions. Sixth, we aimed to verify whether the behavior pattern is related to spatial orientation performance. We hypothesized that maladaptive behaviors will be related to worse execution in orientation, while adaptive behaviors, with better results. Seventh and last, we aimed to analyze the existence of any association between cortisol salivary levels and visuospatial and spatial orientation performance. We hypothesized that occasional higher levels of cortisol would be associated with visual and spatial function achievements.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Participants

The sample was composed of 62 children aged 5 ($N = 21$), 6 ($N = 21$) and 7 ($N = 20$). Thirty were females. Children and parents, which were recruited from schools, primary care centers, and hospitals of Oviedo (Spain), were informed about the purpose of the study and provided written consent. Exclusion criteria included neurological, psychological, or physical conditions and disorders that could potentially interfere with the results. In addition to these criteria, children who obtain an IQ result lower than 85 (assessed with Reynolds Intellectual Screening Test (Reynolds & Kamphaus, 2003)) were not included. Thus, after eliminating four of 66 children that did not meet these criteria, the final sample consisted of 62 participants. This study was conducted in compliance with the European Community Council Directive 2001/20/EC and the Helsinki Declaration for biomedical research involving humans.

2.2 | Instruments

2.2.1 | Egocentric Spatial Memory Task—Child version

This is an adaptation of the Egocentric Spatial Memory Tasks for adults (Fernandez-Baizan et al., 2019a, 2019b; Fernandez-Baizan et al., 2019), based on Hashimoto's test for head disorientation assessment (Hashimoto, Tanaka, & Nakano, 2010). It consists of a square template (90×90 cm) placed on the floor and divided into a matrix of nine small squares (3×3 , 30×30 cm each). Four opaque panels (180×180 cm) are surrounding the floor template and placed in the shape of a square, with the aim of avoiding any visual information that might interfere with the purely egocentric response. The child must stand in the central square of the matrix, and two picture cards (15×15 cm) are used as stimuli (a sun and a car) (See Figure 1a). This test examines the ability to represent spatial locations surrounding the child. It consists of two different parts: A and B. In Part A, while the child is standing in the central square of the template, he/she is asked to remember the

location of two cards (car and sun), each placed randomly on one of the eight squares surrounding him/her. After ten seconds, the examiner removes the cards, hands them to the child, and orders him/her to put them back in their original position. In Part B, the child has to remember the same two cards' locations used in Part A. However, immediately after the two cards have been removed, the child and the examiner rotated to the right or left, 90 or 180° as determined in the test, and then, he/she is asked to place the two cards in the same places as before. During the memorization or sample phases, the examiner stood behind the child, but rotated with him/her in the changes of position, with the aim to avoid that the examiner became a static point of reference. In each part, A and B, the child undergoes five consecutive trials, scoring one point each time he/she places a card correctly. Therefore, scores vary between zero and ten points in each part (See Figure 1b).

2.2.2 | Allocentric Spatial Memory Task—Child version

An adaptation of the Allocentric Spatial Memory Task for adults was used. This test employs a circular template (65 cm diameter) placed on the floor. Along the perimeter are eight squares (18×18 cm) that can be used as possible locations. The same two picture cards (15×15 cm) are used as stimuli (a sun and a car). The use of the same stimuli in both orientation tasks has had the objective of avoiding that the results found in both tasks could be due to a possible preference of the child for other different stimuli, as well as to try to keep both tasks as methodologically similar as possible. The whole task is carried out in a rectangular room where objects and furniture remain visible for the child (See Figure 2a). This test examines the ability to represent spatial locations of objects using environmental information. The child stands in front of the circular template and he/she is asked to memorize the location of two cards (car and sun), each placed on one of the eight squares. After ten seconds, the examiner removes the cards and blindfolds the child, walking with him/her to a different point on the template. At this point, the mask is removed, and he/she is asked to put the cards back in their original position. Errors in the placement of the cards are corrected showing the right position, while correct answers are congratulated. The test consists of three blocks with four trials each, and the position of the cards is maintained for each block. The child obtains one point each time a card is placed correctly, and therefore, scores vary between zero and 24 points. The test ends either when child finishes the 12 trials (three blocks) or when he/she obtains zero points in two consecutive trials in the same block (stop criterion). (See Figure 2b).

2.2.3 | Reynolds Intellectual Screening Test (RIST)

This is a screening test (10–15 min) to estimate the intelligence quotient (IQ) for people between the ages of 3 and 94 (Reynolds & Kamphaus, 2003). It consists of two tasks: *Guess what* for verbal

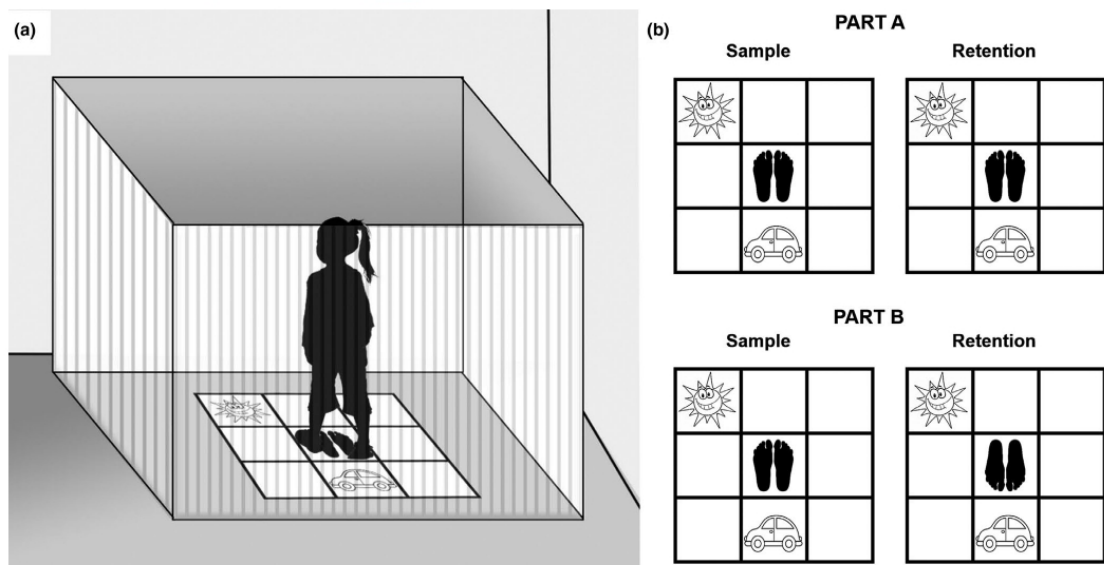


FIGURE 1 Egocentric Spatial Memory Test. (a) Representation of Egocentric Spatial Memory Test—Children version. (b) Example items of Egocentric Part A and Part B from Egocentric Spatial Memory Test. In Part A, child remains in same position in both sample and retention, but in Part B, child memorizes cards in one position in sample, but then he/she is rotated for retention trial

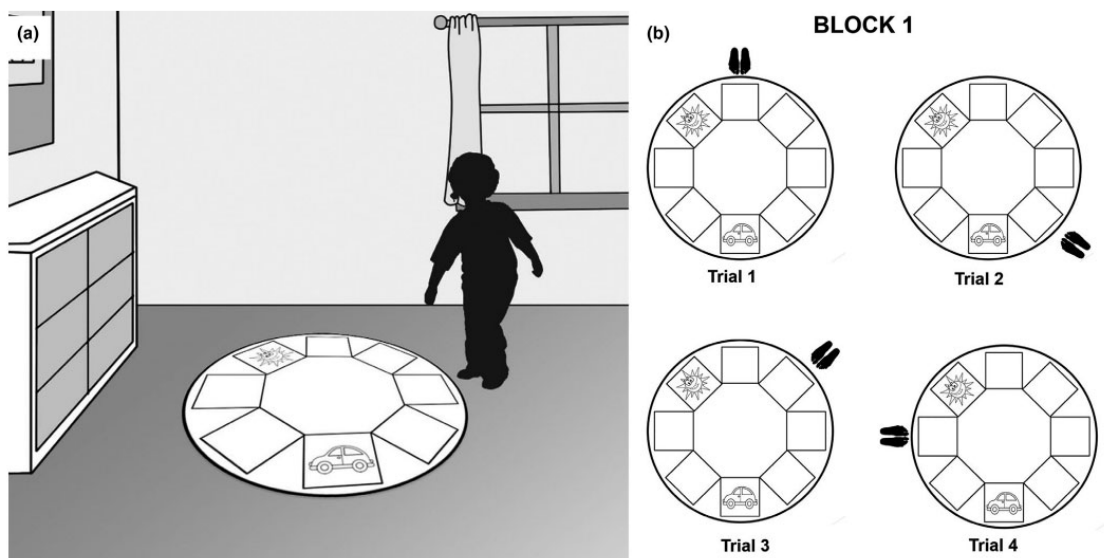


FIGURE 2 Allocentric Spatial Memory Test. (a) Representation of Allocentric Spatial Memory Test—Children Version. (b) Example of a Block from Allocentric Spatial Memory Test. In this Block 1, the location of the cards is always the same, but the position of the child varies in each trial (Trial 1, 2, 3, and 4)

IQ assessment, where the examiner reads some riddles and definitions, and the child has to answer with the accurate word, and *Odd-item* for nonverbal IQ assessment, where the child is shown several pictures and he/she has to point out the different or incongruent one.

2.2.4 | Geometric Puzzles (NEPSY-II)

This subtest was employed to measure mental rotation abilities (Korkman, Kirk, & Kemp, 2007). The child is shown pages with a grid that contains several geometric figures inside and several geometric

figures outside of the grid. He/she must pair two of the figures outside the grid with two of the figures inside. In this task, mental rotation skills are necessary when some of the figures outside and inside the square are equal, but they are not in the same position, that is, one of them has been rotated. This task includes 12 trials for 5- and 6-year-old children, and 20 for 7-year-old children.

2.2.5 | Route Finding (NEPSY-II)

This subtest was employed for the directionality and spatial relation assessment, as well as to evaluate the ability to interpret a schematic map and be able to transfer this information to a more complex map (Korkman et al., 2007). The child is shown a schematic map with a target house and he/she is asked to find the house on a larger map, with more streets and more houses available. Children performed 10 trials in this task, unless they met the stop criterion (five consecutive erroneous trials).

2.3 | Salivary sampling and cortisol assay protocols

Parents received and followed previous instructions required for the cortisol sample collection. The instructions were the following: no exercise in the previous two-hour period; no eating, no gum or sweets, no drinking liquids except water, and no brushing teeth in the previous half-hour period. Collection of the saliva sample took place at the end of the neuropsychological assessment and was collected with the Salivette device (Sarstedt, Germany). Both the child and examiner washed their hands, and he/she was asked to rinse his/her mouth with cold water. Then, the examiner introduced the cotton swab in child's mouth and asked him/her to chew the swab in order to stimulate salivation. After 60 s, the examiner returned the cotton to its tube. No saliva stimulants were used to encourage salivation. Samples were recorded between 16:45 and 18:20 p.m. and stored at -20°C until they were analyzed. The cortisol level was determined by an enzyme immunoassay method using the ELISA kit (Cortisol Competitive ELISA Kit; Thermo Fisher Scientific Inc.). The inter-assay and intra-assay variations were 8.1% and 8.8%, respectively. Assay sensitivity was 17.3 pg/ml.

2.4 | Behavior Assessment System for Children—Parent version (BASC)

This is a questionnaire for parents that assess children's behavioral and emotional outcomes (Reynolds & Kamphaus, 1992). It is divided into different levels according to the child's age. In the present study, we used level one (3- to 6 year-olds, preschool education) and two (6- to 12-year-olds, primary education) with 130 and 134 items, respectively. Each question describes a behavior that can be assessed in four levels according to its frequency of occurrence in the last 6 months (A: never; B: sometimes; C: frequently,

and D: almost always). Two dimensions are considered in this questionnaire: adaptive and clinical. The adaptive and adjustment dimensions correspond to adaptability, social skills, and leadership behaviors, while the clinical or maladjustment dimensions include aggressiveness, hyperactivity, behavioral problems, attention problems, atypicality, depression, anxiety, shyness, and somatization behaviors.

2.5 | Parent questionnaire of the Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q)

An adapted version of the *Evaluación Clínica de la Memoria (ECM-Q)* was used by the selection of nine of its items (Juan et al., 2014). In this questionnaire, parents were asked about their child's spatial memory abilities in daily life. Each item is rated on a Likert scale from one to four (One—Never, Four—Always). Items included were as follows: (a) He/she remembers the path to go home, (b) he/she has good orientation, (c) he/she forgets how to go to one place, until he/she has been explained recently how to reach it, (d) he/she remembers where he/she has left their things, (e) he/she gets lost in known places, (f) he/she remembers where things are kept, (g) he/she recognizes places where he/she has been before, (h) he/she is used to getting lost in places where he/she has been before, and (i) he/she is good at learning the path to reach a new place.

2.6 | General procedure

The experiment took place in the Faculty of Psychology and local primary schools (Oviedo, Spain). Children were tested individually by trained psychologists, starting with the Reynolds Intellectual Screening Test (RIST), Geometric Puzzles from NEPSY-II, Route Finding from NEPSY-II, Egocentric Spatial Memory Test—Child version, and Allocentric Spatial Memory Test—Child version. When the neuropsychological evaluation finished, cortisol salivary samples were collected. While children were performing the tests, parents completed sociodemographic, behavioral, and daily spatial memory questionnaires. The whole procedure lasted 60 min and was done in one unique session.

2.7 | Statistical analysis

Analyses were performed with SPSS 19. Saphiro-Wilk was used to test normality and Levene tests were used to test normality and homogeneity. A two-way ANOVA (Age \times Gender) was applied. Repeated-measures ANOVAs were used to compare Allocentric blocks and *t* tests were employed to compare egocentric parts A and B, and total Egocentric versus Allocentric performance. Multiple comparisons have been corrected by false discovery rate (FRD) (Q 5%) (Benjamini, Krieger, & Yekutieli, 2006). A bivariate Pearson correlation analysis was conducted to assess spatial

orientation scores with other neuropsychological tasks and cortisol levels. The Cohen's *d* effect size was reported for significant comparisons (*d*). Differences were considered significant for $p < .05$.

3 | RESULTS

3.1 | Descriptive data

Mean characteristics of children and their families are presented in Table 1. Mother's age mean is 41.09 (± 4.22) and father's age, 43.08 (± 5.29). Mean and standard deviation of direct neuropsychological scores and cortisol values in terms of age are displayed in Table 2, as well as percentage of correct answers in Egocentric and Allocentric tasks. In Table 3, the same variables are grouped according to gender.

3.2 | Spatial orientation and visuospatial ability performance

First, we aimed to probe whether there are age- and gender-related differences in visuospatial skills and spatial orientation. ANOVA (Age \times Gender) disclosed a significant main effect of Age in Geometric Puzzles ($F_{2,55} = 21.063$, $p < .001$, $d = 0.434$) and Route Finding ($F_{2,55} = 4.335$, $p = .018$, $d = 0.136$). However,

TABLE 1 Frequencies (%) of sociodemographic and descriptive characteristics of the sample and their parents

	Frequencies (%)	
Laterality	Right-handed	90.6
	Left-handed	7.5
	Ambidextrous	1.9
Maternal educative level	Bachelor's degree	66
	Technical	24.5
	Secondary	9.4
	Primary	0
Paternal educative level	Bachelor's degree	58
	Technical	20
	Secondary	18
	Primary	4
Siblings	Only child	37.7
	One	49.1
	Two	9.4
	Three	0
	Four	3.8
Position with respect to siblings	First	19.35
	Second	25.8
	Third	4.8

correcting by FDR differences is still significant in Geometric puzzles ($p < .001$), but not in Route Finding ($p = .053$). Egocentric Part A ($F_{2,55} = 0.722$, $p = .490$), Egocentric Part B ($F_{2,55} = 0.255$, $p = .776$), and Allocentric ($F_{2,55} = 2.366$, $p = .103$) tasks do not show significant differences according to age. No significant differences were found in any variable regarding Gender nor Age \times Gender. The Tukey post hoc analysis revealed age differences in Geometric Puzzles between 5 and 7 ($p < .001$) and between 6 and 7 ($p < .001$) (Figure 3).

Secondly, comparing performance within the spatial orientation tasks, repeated-measures ANOVA (Allocentric block $1 \times 2 \times 3$) did not show significant differences between blocks in the whole sample ($F_{2,59} = 1.459$, $p = .241$), nor in the interaction with age (Allocentric blocks \times Age) ($F_{4,110} = 0.789$, $p = .538$), nor in interaction with gender (Allocentric blocks \times Gender) ($F_{2,54} = 0.592$, $p = .557$), nor in interaction with both age and gender ($F_{4,110} = 0.642$, $p = .169$). Paired *t* tests did not reveal significant differences between Egocentric and Allocentric test comparison in the whole sample ($t_{59} = 1.588$, $p = .118$), but we did find significant results contrasting Egocentric part A and Egocentric part B ($t_{59} = 9.523$, $p < .001$) (Figure 4).

Thirdly, we wanted to verify whether there is any association between spatial orientation, cognition, and visuospatial abilities. The Pearson correlation analysis showed a significant and direct relationship between several tasks (Table 4). The RIST test correlated with Route Finding ($r = .280$, $p = .029$) and Egocentric Part A ($r = .264$, $p = .038$). Geometric Puzzles correlated with Route Finding ($r = .329$, $p = .010$). Route Finding correlated with Egocentric Part A ($r = .269$, $p = .036$), Egocentric Part B ($r = .404$, $p = .001$), and Allocentric ($r = .296$, $p = .022$). Egocentric part A test correlated with Egocentric Part B ($r = .262$, $p = .042$).

3.3 | Spatial orientation and its relationship with cortisol, behavior, and memory in everyday contexts

The Pearson correlations were also used to assess the associations of the spatial orientation tasks with cortisol, with some other behavioral and psychological dimensions and with the use of spatial memory in daily life activities (Table 5). First, cortisol values are significantly related to Allocentric tests ($r = .361$, $p = .024$). Second, adaptive behaviors like leadership are significantly associated with Egocentric test Part A ($r = .464$, $p = .003$) and like adaptive abilities with Allocentric test ($r = .277$, $p = .032$). Some maladaptive behaviors like depression, atypicality, and hyperactivity are significantly and negatively related to Egocentric Part A ($r = -.292$, $p = .022$), Egocentric Part B ($r = .319$, $p = .013$), and Allocentric ($r = -.273$, $p = .035$), respectively. Finally, daily life memory assessed by ECM-Q correlated with Egocentric Part A and Allocentric tests. Thus, Egocentric part A is significantly and positively associated with Item 1—Remember how to go home ($r = .342$, $p = .014$) and Item 7 ($r = .439$, $p = .001$) and significantly and negatively associated with Item 3—Forget how to go to a place ($r = -.326$, $p = .022$). The Allocentric test is significantly and

TABLE 2 Mean and standard deviation of neuropsychological outcomes, percentage of correct answers in Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks, and cortisol values in age groups

Age	5	6	7
Mean (Standard deviation)			
RIST	108.62 (11.59)	109.19 (13.02)	110.55 (15.09)
Geometric puzzles	16.95 (2.25)	18.86 (2.33)	23.30 (4.11)
Route finding	3.05 (2.16)	4.05 (3.10)	6.05 (2.64)
Egocentric A	9.05 (1.20)	9.43 (0.92)	9.40 (0.94)
Egocentric B	6.30 (2.10)	6.71 (2.23)	7.10 (2.07)
Allocentric Total	15.05 (5.69)	18.05 (4.17)	18.95 (4.92)
Allocentric Block 1	5.70 (2.36)	5.62 (2.59)	6.35 (2.62)
Allocentric Block 2	4.05 (3.33)	6.14 (2.33)	5.90 (2.63)
Allocentric Block 3	5.30 (2.57)	6.29 (1.92)	6.60 (1.98)
Cortisol ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	0.14 (0.05)	0.18 (0.06)	0.16 (0.05)
Mean percentage of correct answers (%)			
Egocentric A	90.48	94.29	94
Egocentric B	63	67.14	71
Allocentric Total	62.95	75.17	78.95
Allocentric Block 1	71.85	70.26	79.37
Allocentric Block 2	50.62	76.19	73.7
Allocentric Block 3	66.25	75.23	82.5

TABLE 3 Mean and standard deviation of neuropsychological outcomes, percentage of correct answers in Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks, and cortisol values in gender groups

	Boys	Girls
Mean (Standard deviation)		
RIST	112.38 (12.94)	106.40 (12.74)
Geometric puzzles	20.32 (3.97)	19.03 (3.96)
Route finding	5.19 (3.02)	3.53 (2.56)
Egocentric A	9.44 (0.91)	9.13 (1.13)
Egocentric B	6.97 (2.28)	6.43 (1.96)
Allocentric Total	18.52 (4.71)	16.17 (5.38)
Allocentric Block 1	6.03 (2.51)	5.73 (2.54)
Allocentric Block 2	6.10 (2.53)	4.63 (3.10)
Allocentric Block 3	6.32 (2.19)	5.80 (2.23)
Cortisol ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	0.17 (0.05)	0.16 (0.06)
Mean percentage of correct answers		
Egocentric A	94.38	91.33
Egocentric B	69.68	64.33
Allocentric Total	77.14	67.34
Allocentric Block 1	75.40	72.08
Allocentric Block 2	75.80	57.91
Allocentric Block 3	77.41	71.83

directly related to Item 2—Good at orientation ($r = .348, p = .012$) and Item 4—Remember where things are ($r = .340, p = .014$), as well as, significantly and inversely related to Item 8—Get lost in previously visited places ($r = -.423, p = .002$).

4 | DISCUSSION

The main purpose of this study was to assess egocentric and allocentric spatial orientation in typically developed children between the ages of 5 and 7, considering gender of the participants, and trying to elucidate how spatial orientation using these frameworks is associated with visuospatial skills, spatial daily memory, behavior pattern, and cortisol levels.

Firstly, we found that visuospatial abilities develop from 5 to 7 years of age. Concretely, mental rotation improves at 6 compared to 5, and at 7 compared to 6. Although mental rotation abilities start to develop very early in infancy, showing the very first signs at 6 months (Frick, Möhring, & Newcombe, 2014), it seems that mental rotation abilities really start to improve at the age of 3 (Kruger, 2018) and performance becomes steadier at the age of 5 (Frick, Ferrara, & Newcombe, 2013), but we have also verified that this development still continues at the age of 7, although until 10 children do not reach the same accuracy as adults in this ability (Wimmer, Robinson, & Doherty, 2017). Accurate visuospatial functioning and memory in regular development have been associated with number-related skills and spatial processing (Cornu, Schiltz, Martin, & Hornung, 2018; Crollen & Noel, 2015) that finally could affect some learning abilities, mainly arithmetic accuracy and mathematical achievement (Foley, Vasilyeva, & Laski, 2017; Li & Geary, 2013, 2017).

Nevertheless, improvements are not found in egocentric and allocentric spatial orientation at these ages. The lack of progress in spatial orientation is contrary to previous results, where differences between the ages of 5 and 7 have been found in the allocentric framework (Bullens, Klugkist, & Postma, 2011; León et

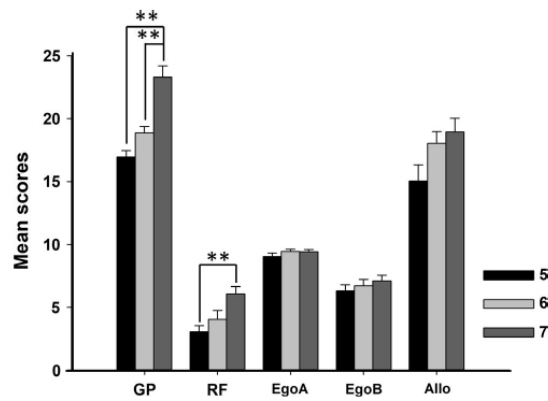


FIGURE 3 Visuospatial and spatial orientation outcomes in children of 5, 6, and 7 years. Significant differences were found in GP between 5 and 7 years and between 6 and 7 years. GP Geometric puzzles, RF Route finding, EgoA Egocentric Part A, EgoB Egocentric Part B, Allo Allocentric. $**p < .01$

al., 2014; Mandolesi, Petrosini, Menghini, Addona, & Vicari, 2009), egocentric framework (Juan et al., 2014), and both frameworks (Nardini, Jones, Bedford, & Braddick, 2008). However, we found substantial methodological differences. Some of them jointly included older and younger age groups than ours (Juan et al., 2014; Mandolesi et al., 2009; Nardini et al., 2008) and some carried out the experiment in virtual environments (León et al., 2014), making it difficult to compare between ages and methods. Besides, it is noteworthy to point out that our limited sample size may also cause the absence of differences. Despite the lack of statistically significant results, previous studies also find small improvements specifically between the ages of 5, 6, and 7 in orientation skills (Piccardi et al., 2014; Rodríguez-Andres et al., 2016), which are consistent with our descriptive results. Execution is almost the same between ages in Egocentric Part A and in Egocentric Part B, but there is slightly more of a marked difference between 5-year-olds compared to 6- and 7-year-olds in the Allocentric test. It is also worth mentioning that except for Egocentric part A, which reaches almost a ceiling effect, the rest of the tasks not.

Therefore, it is possible that in later stages of development, the level of success in these tests could continue to increase. Besides, in order to minimize the influence of visuospatial span, only two items were employed in the present study. According to previous results, visuospatial span in an egocentric task, that is, the amount of visuospatial information the child has been able to memorize in his/her surrounding environment, is approximately two items at age 5, but 3 at age 7 (Piccardi et al., 2014). Therefore, two items can underestimate 7-year-old children's achievement.

Second, we do not find gender differences in any of the abilities measured. Starting with spatial orientation results, there was no gender effect found in several egocentric and allocentric spatial orientation tasks at the ages measured (Juan et al., 2014; Leplow et al., 2003; Piccardi et al., 2014; Rodríguez-Andres et al., 2016). In methodologically equivalent tasks, it is found that in the young adult population, men outperform women in both frameworks (Fernandez-Baizan Arias, & Mendez, 2019a, 2019b). Therefore, it is possible that gender differences frequently found in these tasks appear later in development, and so, it seems that the greatest differences appear from the age of 13 on (Nazareth, Huang, Voyer, & Newcombe, 2019). These results could be due, as the authors point out, to experiential and social norms associated with gender roles at these ages, where navigational behavior starts to be more independent (Nazareth et al., 2019), but also could be due to sexual hormone secretions (Driscoll, Hamilton, Yeo, Brooks, & Sutherland, 2005). Therefore, the beginning of puberty could be the developmental stage at which gender differences in spatial orientation start to be more marked.

There is no improvement in the Allocentric test performance in its different blocks, where children of these ages show a relatively homogeneous performance throughout the test. There is also no better performance of one framework over the other which seems to suggest that children at these ages perform the Egocentric and the Allocentric tasks with the same level of effectiveness. Reports have shown that while the egocentric framework emerges very early in development (Acredolo, 1978; Acredolo & Evans, 1980), the allocentric strategy reaches similar levels to adult performance between the ages of 7 and 10 (Leplow et al., 2003; Overman et al., 1996; Ruggiero et al., 2016). Thus, the absence of better performance of the egocentric framework

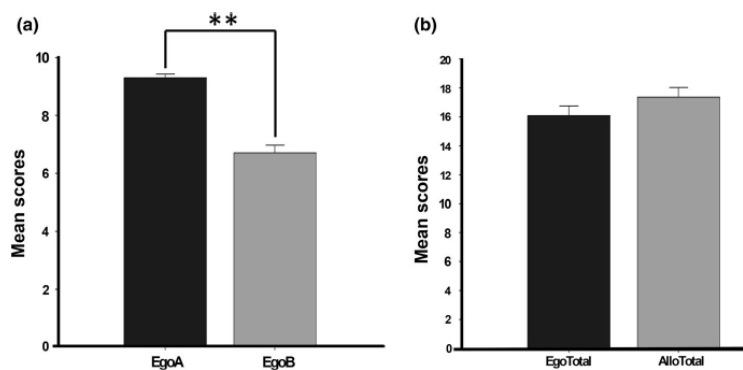


FIGURE 4 Comparison of Spatial Memory Tests. (a) Contrast between Egocentric part A and part B. Significant differences were found between Part A and B. (b) Comparison between Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tests. No significant difference was found between frameworks. EgoA Egocentric Part A, Ego B Egocentric Part B, Ego Total Egocentric Total, Allo Total Allocentric Total. $**p < .01$

over the allocentric may be due to several reasons. On the one hand, although the allocentric framework is not fully developed at these ages, children seem to prefer the use of allocentric landmarks rather than egocentric information (Yang, Merrill, & Wang, 2019). On the other hand, as mentioned above, the selection of a low number of items to memorize can make the task simple for older children. Besides, taking into account descriptive values, we can see how performance in the first block reaches high values, indicating that children are able to use an allocentric orientation response from the first trial, and therefore, a progressive learning effect is not observable. Possible future lines of research could be directed toward making the task more complex and to verify whether differences appear between the egocentric and allocentric framework when introducing greater difficulty.

However, we did find differences between Egocentric part A and B, with higher scores in the first part for all age groups. Part A serves as a 3D short-term visuospatial memory measure, as well as a control measure for the second part. Part B is the one that measures egocentric orientation itself. Thus, the results found indicate that part A (span) is a good measure of control for the execution of part B (egocentric), knowing that in the first, a ceiling effect is practically expected. Thus, if a child fails to perform part A properly, we can expect that errors in part B are not due exclusively to a problem in egocentric orientation. Thus, there may be short-term visuospatial memory difficulties affecting egocentric performance, or there may be both short-term memory and egocentric orientation problems. In addition, these results are consistent with previous findings, where children perform better when their egocentric view remains stable, as opposed to when that view is rotated (Vander Heyden, Huizinga, Rajmakers, & Jolles, 2017).

Regarding the relationships between neuropsychological tasks, we observe that the most interrelated function is directionality and visual-spatial relationship establishment, measured by the Route Finding test. Thus, this ability is related to IQ (RIST), 3D visuospatial

short-term memory (Part A), egocentric (Part B), and allocentric orientation. Therefore, we can conclude that the execution of three-dimensional spatial orientation tasks is partly influenced by the development of visuospatial skills, and vice versa. Mental rotation skills (Geometric Puzzles) are not related to the egocentric orientation (Part B). The first involves mental rotation of images, matching one figure with another one which has been rotated, while the second requires updating spatial information from a new position or a new view, after rotation of the participant's body position. This shows that the evaluation of traditional visuospatial skills (with pencil and paper tasks and in two dimensions) fails to measure all the capabilities involved in spatial cognition, and therefore, the inclusion of more functional and three-dimensional measures would be adequate to have a full assessment of this ability in childhood. We also observed an association between 3D visuospatial short-term memory skills (Egocentric Part A) and egocentric orientation (Egocentric Part B), although with a low magnitude. This result supports the idea, as we commented previously, that part A can be a good measure of control for part B. Finally, the absence of correlation between egocentric (Egocentric Part A and B) and allocentric orientation indicates that both tasks, indeed, measure fully dissociated abilities, as we know from their neuroanatomical substrates (Bocchia, Nemmi, & Guariglia, 2014; Chen et al., 2014; Saj et al., 2014; Zaehle et al., 2007) and from neurological patients with hippocampal damage (Astur, Taylor, Mamelak, Philpott, & Sutherland, 2002), and therefore, the inclusion of both tests is necessary for a complete evaluation of spatial orientation abilities.

Finally, in regard to our findings, hormonal regulation of cortisol, behavior, as well as the spatial memory in daily life is related to spatial orientation results. First, high levels of salivary cortisol are related to better performance in allocentric framework. Thus, our results agree with those of Bohbot (Bohbot, Gupta, Banner, & Dahmani, 2011), where healthy adult subjects who presented higher levels of

TABLE 4 Correlation between neuropsychological tests in the whole sample

		RIST	Geometric puzzles	Route finding	Ego A	Ego B	Allo
RIST	Pearson Correlation	1	.107	.280*	.264*	.239	.168
	<i>p</i> value		.413	.029	.038	.064	.196
Geometric Puzzles	Pearson Correlation		1	.329**	.098	.118	.223
	<i>p</i> value			.010	.452	.370	.086
Route Finding	Pearson Correlation			1	.269*	.404**	.296*
	<i>p</i> value				.036	.001	.022
Ego A	Pearson Correlation				1	.251	.213
	<i>p</i> value					.051	.099
Ego B	Pearson Correlation					1	.262*
	<i>p</i> value						.042
Allo	Pearson Correlation						1
	<i>p</i> value						

Bold indicates statistically significant differences.

Abbreviations: Allo, Allocentric Spatial Memory Test; Ego A, Egocentric Spatial Memory Test Part A; Ego B, Egocentric Spatial Memory Test Part B.

**p* ≤ .05

***p* ≤ .01.

TABLE 5 Correlation between Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks with cortisol values, BASC measurements, and ECM-Q questionnaire outcomes in the whole sample

		Ego A	Ego B	Allo
Cortisol ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Pearson Correlation	.010	.104	.361*
	<i>p</i> value	.950	.528	.024
BASC Aggressiveness	Pearson Correlation	-.026	.131	.199
	<i>p</i> value	.840	.318	.127
BASC Hyperactivity	Pearson Correlation	-.058	.049	-.273*
	<i>p</i> value	.658	.710	.035
BASC_Behavior problems	Pearson Correlation	.012	-.101	-.242
	<i>p</i> value	.944	.533	.133
BASC Attention problems	Pearson Correlation	-.207	-.222	-.071
	<i>p</i> value	.110	.089	.590
BASC Atypicality	Pearson Correlation	-.022	-.318*	.060
	<i>p</i> value	.864	.013	.651
BASC Depression	Pearson Correlation	-.292*	-.072	-.118
	<i>p</i> value	.022	.585	.371
BASC Anxiety	Pearson Correlation	-.095	.164	-.042
	<i>p</i> value	.465	.212	.752
BASC Shyness	Pearson Correlation	-.145	.002	-.012
	<i>p</i> value	.265	.990	.925
BASC Somatization	Pearson Correlation	.013	.054	.008
	<i>p</i> value	.921	.682	.952
BASC Adaptability	Pearson Correlation	.112	.040	-.089
	<i>p</i> value	.390	.760	.499
BASC Social skills	Pearson Correlation	.164	.228	.065
	<i>p</i> value	.208	.079	.621
BASC Leadership	Pearson Correlation	.464**	.227	-.247
	<i>p</i> value	.003	.158	.125
BASC Externalizing	Pearson Correlation	.070	.135	.213
	<i>p</i> value	.589	.305	.103
BASC Internalizing	Pearson Correlation	-.114	.116	.058
	<i>p</i> value	.383	.377	.658
BASC Adaptative abilities	Pearson Correlation	.239	.221	.277*
	<i>p</i> value	.064	.090	.032
ECM-Q Item 1—Remember how to go home	Pearson Correlation	.342*	.130	.047
	<i>p</i> value	.014	.367	.744
ECM-Q Item 2—Good at orientation	Pearson Correlation	.145	-.027	.348*
	<i>p</i> value	.304	.852	.012
ECM-Q Item 3—Forget how to go to a place	Pearson Correlation	-.326*	-.149	-.190
	<i>p</i> value	.022	.312	.196
ECM-Q Item 4—Remember where things are	Pearson Correlation	.168	.135	.340*
	<i>p</i> value	.229	.341	.014
ECM-Q Item 5—Get lost in known places	Pearson Correlation	-.263	-.079	-.143
	<i>p</i> value	.063	.585	.321
ECM-Q Item 6—Remember thing's place	Pearson Correlation	.191	.125	.133
	<i>p</i> value	.170	.376	.347

(Continues)

TABLE 5 (Continued)

		Ego A	Ego B	Allo
ECM-Q Item 7—Recognize places	Pearson Correlation	.439**	.078	-.040
	p value	.001	.584	.776
ECM-Q Item 8—Get lost in previously visited places	Pearson Correlation	-.204	-.057	-.423**
	p value	.150	.693	.002
ECM-Q Item 9—Good at learning a new path	Pearson Correlation	-.011	.156	.254
	p value	.941	.279	.075

Bold indicates statistically significant differences.

Abbreviations: Allo, Allocentric Spatial Memory Test; BASC, Behavior Assessment System for Children; ECM-Q, *Evaluación clínica de la Memoria*; Ego A, Egocentric Spatial Memory Test Part A; Ego B, Egocentric Spatial Memory Test Part B.

* $p \leq .05$

** $p \leq .01$.

cortisol are those that use allocentric orientation more effectively. In this regard, although cortisol levels are associated with chronic stress and appear to affect hippocampal function over a prolonged period of time (McEwen & Sapolsky, 1995), it appears that occasional elevated levels of this hormone may favor better performance in allocentric orientation. To our knowledge, cortisol normative data in saliva for the ages and in the range of hours assessed in this study have not been published. In saliva samples, children between 9 and 12 years of age and with their samples recorded at 15:00 hr showed 0.16 $\mu\text{g}/\text{dl}$ with a range of 0.07 and 0.33 (Catherine, Schonert-Reichl, Hertzman, & Oberlander, 2012). In another study with samples collected at 20:00 hr, 6-year-old boys showed ranges between 0.076 and 0.612 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 6-year-old girls between 0.076 and 0.336 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 7-year-old boys between 0.043 and 0.893 $\mu\text{g}/\text{dl}$, and 7-year-old girls between 0.054 and 0.638 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (Törnåge & Alfvén, 2006). Analyzing our results (total range 0.054–0.317), our data would be within the values proposed by this last-mentioned study. Despite this, it is still difficult to conclude that the cortisol levels of our sample are within the normative values according to circadian rhythms. We also must consider that these results are still preliminary and limited, and previous studies have seen that the reliable measure consists of a total diurnal salivary cortisol curve (Golden, Wand, Malhotra, Kamel, & Horton, 2011).

In terms of behavior, a child's behavior may have influence on spatial orientation functioning. More specifically, it seems that a better performance of 3D visuospatial short-term memory (Egocentric Part A) would be found in children with fewer depression rates, as well as children with greater leadership skills. On the other hand, those children with more hyperactive behavior perform worse in allocentric orientation. Depressive symptoms have been related to several memory impairments, such as autobiographical (Kohler et al., 2015), prospective (McFarland & Vasterling, 2018), visuospatial (Gallagher, Gray, & Kessels, 2015; Klojcnik, Kavcic, & Bakracevic Vukman, 2017), and spatial (Han, Wang, Bian, Zhou, & Ruan, 2015; Lim et al., 2018). Hyperactive behavior has been related to memory deficits, concretely working memory, in ADHD disorders (Pievsky & McGrath, 2018). In addition, our allocentric test requires the child to move. Thus, although the examiner guides this movement, children

who manifest a more active behavior are likely to move from the positions indicated, influencing the results obtained. Previous studies have linked the possible influence of behavior on spatial navigation tasks, finding that children who navigated faster scored higher on aggressiveness and that those children who scored higher on withdrawal and attention problems had more exploratory behavior (Rodriguez-Andres, Mendez-Lopez, Juan, & Perez-Hernandez, 2018). These results highlight the importance of considering the influence of adaptive and maladaptive behavior on spatial orientation performance.

Memory functioning in everyday environments is related to spatial orientation performance. Egocentric A performance is related to items associated with short-term memory and working memory, such as remembering a path, recognizing places previously visited, and forgetting the explanation of how to get to a place. Short-term memory is involved in these processes, in the sense of spatial information maintenance. Working memory is associated with remembering how to get home and recognizing previously visited places. Although we consider that the Egocentric A is assessing spatial short-term memory, as the task progresses it also begins to include a working memory component, because the child must inhibit the previously learned information to avoid interference. Regarding the allocentric test, we can observe that it mostly correlated with items directly related to navigation, learning, and following paths. Thus, allocentric tasks are related to a good spatial orientation of the child as perceived by the parents and with a low frequency of lost in known places, as well as with an appropriate memory of where the child leaves objects. It is also important to note that the results found in the allocentric test may include the ability to process egocentric information present during the resolution of the test. The Egocentric B task has not shown significant correlations with memory in everyday items. Thus, the evaluation of the egocentric orientation seems to work independently from the other tests and seems to indicate less functional relevance.

Several limitations are present in our study. The sample size analyzed is small. It is possible that these tasks are not sensitive to age or gender differences due to the level of complexity selected. Likewise, it is impossible to rule out the presence of egocentric information

during the development of the allocentric task. Only the parents complete the questionnaire regarding behavior and memory in daily life. Other important observers of child's behavior, such as teachers, could give us a more complete view of these variables. Regarding cortisol, the use of a single measure has the lowest reliability compared to other protocols. Finally, some factors have not been considered in this research, such as the influence of academic performance and other cognitive functions, such as executive functions.

In spite of this, our study improves knowledge about typical development of egocentric and allocentric spatial orientation, based on differential and functional-relevant tasks, in order to achieve a more complete view of visuospatial and spatial memory skills. This knowledge may allow the use of these tasks to detect possible alterations in these abilities in pathological populations with potential alterations of visuospatial abilities or certain behavioral problems, making possible early interventions. We have concluded that in normal development there are no marked improvements in egocentric orientation, allocentric orientation, or spatial relationship skills, but it does in mental rotation. We have also found that execution in spatial orientation may depend on other factors of physiological or behavioral origin, and, therefore, it may be important to consider their potential influence.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación Del Gobierno de España under Projects PSI2017-83893-R, PSI2015-73111-EXP, and PSI2017-90806-REDT, and by Programa "Severo Ochoa" de Ayudas Predoctorales de la Consejería de Cultura y Deporte del Principado de Asturias under Grant PA-17-PF-BP16090.

CONFLICT OF INTEREST

All authors declare that there are no actual or potential conflicts of interest including any financial, personal, or other relationships with other people or organizations that could inappropriately influence this work.


CONFLICT OF INTEREST

None declared.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

ORCID

Cristina Fernandez-Baizan  <https://orcid.org/0000-0001-6903-0193>

Marta Mendez  <https://orcid.org/0000-0003-1718-7492>

REFERENCES

- Acredolo, L. P. (1978). Development of spatial orientation in infancy. *Developmental Psychology*, 14(3), 224–234. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.14.3.224>

- Acredolo, L. P., & Evans, D. (1980). Developmental changes in the effects of landmarks on infant spatial behavior. *Developmental Psychology*, 16(4), 312–318. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.16.4.312>
- Astur, R. S., Taylor, L. B., Mamelak, A. N., Philpott, L., & Sutherland, R. J. (2002). Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 132(1), 77–84. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(01\)00399-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00399-0)
- Astur, R. S., Tropp, J., Sava, S., Constable, R. T., & Markus, E. J. (2004). Sex differences and correlations in a virtual Morris water task, a virtual radial arm maze, and mental rotation. *Behavioural Brain Research*, 151(1–2), 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2003.08.024>
- Bäumler, D., Voigt, B., Miller, R., Stalder, T., Kirschbaum, C., & Kliegel, M. (2014). The relation of the cortisol awakening response and prospective memory functioning in young children. *Biological Psychology*, 99, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.02.011>
- Belmonti, V., Fiori, S., Guzzetta, A., Cioni, G., & Berthoz, A. (2015). Cognitive strategies for locomotor navigation in normal development and cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 57(s2), 31–36. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12685>
- Benjamini, Y., Krieger, A. M., & Yekutieli, D. (2006). Adaptive linear step-up procedures that control the false discovery rate. *Biometrika*, 93(3), 491–507. <https://doi.org/10.1093/biomet/93.3.491>
- Blair, C., Granger, D., & Razza, R. P. (2005). Cortisol reactivity is positively related to executive function in preschool children attending head start. *Child Development*, 76(3), 554–567. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00863.x>
- Blanken, L. M. E., White, T., Mous, S. E., Basten, M., Muetzel, R. L., Jaddoe, V. W. V., ... Tiemeier, H. (2017). Cognitive functioning in children with internalising, externalising and dysregulation problems: A population-based study. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 26(4), 445–456. <https://doi.org/10.1007/s00787-016-0903-9>
- Boccia, M., Nemmi, F., & Guariglia, C. (2014). Neuropsychology of environmental navigation in humans: Review and meta-analysis of fMRI studies in healthy participants. *Neuropsychology Review*, 24(4), 236–251. <https://doi.org/10.1007/s11065-014-9247-8>
- Bohbot, V. D., Gupta, M., Banner, H., & Dahmani, L. (2011). Caudate nucleus-dependent response strategies in a virtual navigation task are associated with lower basal cortisol and impaired episodic memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96(2), 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.04.007>
- Bullens, J., Klugkist, I., & Postma, A. (2011). The role of local and distal landmarks in the development of object location memory. *Developmental Psychology*, 47(6), 1515–1524. <https://doi.org/10.1037/a0025273>
- Burgess, N. (2008). Spatial cognition and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 77–97. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.002>
- Catherine, N. L. A., Schonert-Reichl, K. A., Hertzman, C., & Oberlander, T. F. (2012). Afternoon cortisol in elementary school classrooms: Associations with peer and teacher support and child behavior. *School Mental Health*, 4(3), 181–192. <https://doi.org/10.1007/s12310-012-9076-y>
- Chen, Y., Monaco, S., Byrne, P., Yan, X., Henriques, D. Y. P., & Crawford, J. D. (2014). Allocentric versus egocentric representation of remembered reach targets in human cortex. *Journal of Neuroscience*, 34(37), 12515–12526. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1445-14.2014>
- Cimadevilla, J. M., Roldán, L., Paris, M., Arnedo, M., & Roldán, S. (2014). Spatial learning in a virtual reality-based task is altered in very preterm children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(9), 1002–1008. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.963520>
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 604–620. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.006>

- Crollen, V., & Noel, M.-P. (2015). Spatial and numerical processing in children with high and low visuospatial abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.12.006>
- Davis, E. P., Bruce, J., & Gunnar, M. R. (2002). The anterior attention network: Associations with temperament and neuroendocrine activity in 6-year-old children. *Developmental Psychobiology*, 40(1), 43–56. <https://doi.org/10.1002/dev.10012>
- Driscoll, I., Hamilton, D. A., Yeo, R. A., Brooks, W. M., & Sutherland, R. J. (2005). Virtual navigation in humans: The impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior*, 47(3), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.11.013>
- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019a). Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance. *Behavioural Brain Research*, 359, 694–700. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.09.017>
- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019b). Spatial orientation assessment in preschool children: Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278> [Epub ahead of print]
- Fernandez-Baizan, C., Diaz-Caceres, E., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: Performance on real-world tasks. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 52(4), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1414-431x20198041>
- Foley, A. E., Vasilyeva, M., & Laski, E. V. (2017). Children's use of decomposition strategies mediates the visuospatial memory and arithmetic accuracy relation. *The British Journal of Developmental Psychology*, 35(2), 303–309. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12166>
- Forns, J., Vegas, O., Julvez, J., Garcia-Esteban, R., Rivera, M., Lertxundi, N., ... Sunyer, J. (2014). Association between child cortisol levels in saliva and neuropsychological development during the second year of life. *Stress and Health*, 30(2), 142–148. <https://doi.org/10.1002/smi.2504>
- Frick, A., Ferrara, K., & Newcombe, N. S. (2013). Using a touch screen paradigm to assess the development of mental rotation between 3(1/2) and 5(1/2) years of age. *Cognitive Processing*, 14(2), 117–127. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0534-0>
- Frick, A., Möhring, W., & Newcombe, N. S. (2014). Development of mental transformation abilities. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(10), 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.05.011>
- Gallagher, P., Gray, J. M., & Kessels, R. P. C. (2015). Fractionation of visuo-spatial memory processes in bipolar depression: A cognitive scaffolding account. *Psychological Medicine*, 45(3), 545–558. <https://doi.org/10.1017/S0033291714001676>
- Golden, S. H., Wand, G. S., Malhotra, S., Kamel, I., & Horton, K. (2011). Reliability of hypothalamic-pituitary-adrenal axis assessment methods for use in population-based studies. *European Journal of Epidemiology*, 26(7), 511–525. <https://doi.org/10.1007/s10654-011-9585-2>
- Hamilton, D. A., Koditwakku, P., Sutherland, R. J., & Savage, D. D. (2003). Children with Fetal Alcohol Syndrome are impaired at place learning but not cued-navigation in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 143(1), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00028-7)
- Han, J., Wang, L. U., Bian, H., Zhou, X., & Ruan, C. (2015). Effects of paroxetine on spatial memory function and protein kinase C expression in a rat model of depression. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 10(4), 1489–1492. <https://doi.org/10.3892/etm.2015.2663>
- Hashimoto, R., Tanaka, Y., & Nakano, I. (2010). Heading disorientation: A new test and a possible underlying mechanism. *European Neurology*, 63(2), 87–93. <https://doi.org/10.1159/000276398>
- Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Albiol-Perez, S. (2014). Augmented reality for the assessment of children's spatial memory in real settings. *PLoS ONE*, 9(12), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113751>
- Klojcnik, M., Kavcic, V., & Bakracevic Vukman, K. (2017). Relationship of depression with executive functions and visuospatial memory in elderly. *International Journal of Aging & Human Development*, 85(4), 490–503. <https://doi.org/10.1177/0091415017712186>
- Kohler, C. A., Carvalho, A. F., Alves, G. S., McIntyre, R. S., Hyphantis, T. N., & Cammarota, M. (2015). Autobiographical memory disturbances in depression: A novel therapeutic target? *Neural Plasticity*, 2015, 759139. <https://doi.org/10.1155/2015/759139>
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *NEPSY-II* (2nd ed. H. Assessment, ed.). San Antonio, TX.
- Kruger, M. (2018). Three-year-olds solved a mental rotation task above chance level, but no linear relation concerning reaction time and angular disparity presented itself. *Frontiers in Psychology*, 9, 1796. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01796>
- Kukolja, J., Thiel, C. M., Wolf, O. T., & Fink, G. R. (2008). Increased cortisol levels in cognitively challenging situations are beneficial in young but not older subjects. *Psychopharmacology (Berl)*, 201(2), 293–304. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1275-8>
- León, I., Cimadevilla, J. M., & Tascón, L. (2014). Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task. *Neuropsychology*, 28(4), 485–495. <https://doi.org/10.1037/neu0000054>
- Leplow, B., Lehnung, M., Pohl, J., Herzog, A., Ferstl, R., & Mehdorn, M. (2003). Navigational place learning in children and young adults as assessed with a standardized locomotor search task. *British Journal of Psychology*, 94(Pt 3), 299–317. <https://doi.org/10.1348/00071260367876244>
- Li, Y., & Geary, D. C. (2013). Developmental gains in visuospatial memory predict gains in mathematics achievement. *PLoS ONE*, 8(7), e70160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070160>
- Li, Y., & Geary, D. C. (2017). Children's visuospatial memory predicts mathematics achievement through early adolescence. *PLoS ONE*, 12(2), e0172046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172046>
- Lim, P. H., Wert, S. L., Tunc-Ozcan, E., Marr, R., Ferreira, A., & Redei, E. E. (2018). Premature hippocampus-dependent memory decline in middle-aged females of a genetic rat model of depression. *Behavioural Brain Research*, 353, 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.02.030>
- Mandolesi, L., Petrosini, L., Menghini, D., Addona, F., & Vicari, S. (2009). Children's radial arm maze performance as a function of age and sex. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 27(8), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.jdevneu.2009.08.010>
- McEwen, B. S., & Sapolsky, R. M. (1995). Stress and cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology*, 5(2), 205–216. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(95\)80028-X](https://doi.org/10.1016/0959-4388(95)80028-X)
- McFarland, C. P., & Vasterling, J. J. (2018). Prospective memory in depression: Review of an emerging field. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 33(7), 912–930. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx118>
- Meyer, T., Smeets, T., Giesbrecht, T., Quaedflieg, C. W. E. M., Meyer, T., Smeets, T., ... Merckelbach, H. (2013). Acute stress differentially affects spatial configuration learning in high and low cortisol-responding healthy adults. *European Journal of Psychotraumatology*, 4(1), 19854. <https://doi.org/10.3402/ejpt.v4i0.19854>
- Mika, M. M., Nunes, M., Honjo, R. S., Dutra, R. L., Amaral, V., Oh, H. K., ... Kim, C. A. (2013). Assessment of intellectual and visuo-spatial abilities in children and adults with Williams syndrome. *Universitas Psychologica*, 12(2), 581–589. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.UPSY12-2.aiva>
- Nardini, M., Jones, P., Bedford, R., & Braddick, O. (2008). Development of cue integration in human navigation. *Current Biology*, 18(9), 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.021>
- Nazareth, A., Huang, X., Voyer, D., & Newcombe, N. S. (2019). A Meta-analysis of sex differences in human navigation skills. *Psychonomic*

- Bulletin & Review*, 26(5), 1503–1528. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01633-6>
- Overman, W. H., Pate, B. J., Moore, K., & Peleuster, A. (1996). Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze. *Behavioral Neuroscience*, 110(6), 1205–1228. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.110.6.1205>
- Palermo, L., Foti, F., Ferlazzo, F., Guariglia, C., & Petrosini, L. (2014). I find my way in a maze but not in my own territory! Navigational processing in developmental topographical disorientation. *Neuropsychology*, 28(1), 135–146. <https://doi.org/10.1037/neu0000021>
- Piccardi, L., Palermo, L., Leonzi, M., Riseti, M., Zompanti, L., Damico, S., & Guariglia, C. (2014). The walking corsi test (WalCT): A normative study of topographical working memory in a sample of 4- to 11-year-olds. *Clinical Neuropsychologist*, 28(1), 84–96. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.863976>
- Pievsky, M. A., & McGrath, R. E. (2018). The neurocognitive profile of attention-deficit/hyperactivity disorder: a review of meta-analyses. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 33(2), 143–157. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx055>
- Pruessner, M., Pruessner, J. C., Hellhammer, D. H., Bruce Pike, G., & Lupien, S. J. (2007). The associations among hippocampal volume, cortisol reactivity, and memory performance in healthy young men. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 155(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.pscychres.2006.12.007>
- Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (1992). *BASC: Behavior assessment system for children: Manual*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (2003). *RIAS (Reynolds Intellectual Assessment Scales) and the RIST (Reynolds Intellectual Screening Test). Professional Manual*. Florida: Psychological Assessment Resources.
- Ribordy Lambert, F., Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2017). The “when” and the “where” of single-trial allocentric spatial memory performance in young children: Insights into the development of episodic memory. *Developmental Psychobiology*, 59(2), 185–196. <https://doi.org/10.1002/dev.21479>
- Rodriguez-Andres, D., Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Lluch, J. (2016). MnemoCity task: Assessment of childrens spatial memory using stereoscopy and virtual environments. *PLoS ONE*, 11(8), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161858>
- Rodriguez-Andres, D., Mendez-Lopez, M., Juan, M. C., & Perez-Hernandez, E. (2018). A virtual object-location task for children: Gender and videogame experience influence navigation; age impacts memory and completion time. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00451>
- Ruggiero, G., D'Errico, O., & Iachini, T. (2016). Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age. *Psychological Research Psychologische Forschung*, 80(2), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>
- Ruggiero, G., Iachini, T., Ruotolo, F., & Senese, V. P. (2009). Spatial Memory: the role of egocentric and allocentric frames of reference. In J. B. Thomas (Ed.), *Spatial Memory: Visuospatial processes, cognitive performance and developmental effects* (1st ed., pp. 51–75). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Saj, A., Cojan, Y., Musel, B., Honoré, J., Borel, L., & Vuilleumier, P. (2014). Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.135>
- Saridjan, N. S., Henrichs, J., Schenk, J. J., Jaddoe, V. W. V., Hofman, A., Kirschbaum, C., ... Tiemeier, H. (2014). Diurnal cortisol rhythm and cognitive functioning in toddlers: The Generation R Study. *Child Neuropsychology*, 20(2), 210–229. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.763921>
- Schwabe, L., Oitzl, M. S., Philippson, C., Richter, S., Bohringer, A., Wippich, W., & Schachinger, H. (2007). Stress modulates the use of spatial versus stimulus-response learning strategies in humans. *Learning & Memory*, 14(1–2), 109–116. <https://doi.org/10.1101/lm.435807>
- Schwabe, L., Oitzl, M. S., Richter, S., & Schächinger, H. (2009). Modulation of spatial and stimulus-response learning strategies by exogenous cortisol in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 34(3), 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.09.018>
- Sorrentino, P., Lardone, A., Pesoli, M., Liparoti, M., Montuori, S., Curcio, G., ... Foti, F. (2019). The Development of spatial memory analyzed by means of ecological walking task. *Frontiers in Psychology*, 10(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00728>
- Törnhaage, C. J., & Alfvén, G. (2006). Diurnal salivary cortisol concentration in school-aged children: Increased morning cortisol concentration and total cortisol concentration negatively correlated to body mass index in children with recurrent abdominal pain of psychosomatic origin. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 19(6), 843–854. <https://doi.org/10.1515/JPEM.2006.19.6.843>
- van den Brink, D., & Janzen, G. (2013). Visual spatial cue use for guiding orientation in two-to-three-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00904>
- Vander Heyden, K. M., Huizinga, M., Raijmakers, M. E. J., & Jolles, J. (2017). Children's representations of another person's spatial perspective: Different strategies for different viewpoints? *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.09.001>
- Vasilyeva, M., & Bowers, E. (2006). Children's use of geometric information in mapping tasks. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(4), 255–277. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.05.001>
- Wiedenmayer, C. P., Bansal, R., Anderson, G. M., Zhu, H., Amat, J., Whiteman, R., & Peterson, B. S. (2006). Cortisol levels and hippocampus volumes in healthy preadolescent children. *Biological Psychiatry*, 60(8), 856–861. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.02.011>
- Wimmer, M. C., Robinson, E. J., & Doherty, M. J. (2017). Are developments in mental scanning and mental rotation related? *PLoS ONE*, 12(2), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171762>
- Yang, Y., Merrill, E. C., & Wang, Q. (2019). Children's response, landmark, and metric strategies in spatial navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 181, 75–101. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.01.005>
- Zaehle, T., Jordan, K., Wüstenberg, T., Baudewig, J., Dechent, P., & Mast, F. W. (2007). The neural basis of the egocentric and allocentric spatial frame of reference. *Brain Research*, 1137(1), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.044>

How to cite this article: Fernandez-Baizan C, Nuñez P, Arias JL, Mendez M. Egocentric and allocentric spatial memory in typically developed children: Is spatial memory associated with visuospatial skills, behavior, and cortisol?. *Brain Behav*. 2020;00:e01532. <https://doi.org/10.1002/brb3.1532>



Contents lists available at ScienceDirect

Behavioural Brain Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/bbr



Research report

Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance

C. Fernandez-Baizan^{a,b}, J.L. Arias^{a,b}, M. Mendez^{a,b,*}

^a Department of Psychology, University of Oviedo, Spain

^b Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA), Spain



ARTICLE INFO

Keywords:

Egocentric spatial memory
Allocentric spatial memory
Young adults
Gender differences

ABSTRACT

Spatial memory allows us to locate objects and organisms in space and move through the environment. We frequently use two strategies for this purpose: egocentric, related to the viewer's perspective, and allocentric, associated with environmental cues. This ability is usually assessed by 2D or virtual reality-based tasks. Gender differences have been reported on these tasks. We designed two card-placing tasks with the aim of assessing egocentric and allocentric spatial memory in a real environment. This task makes it possible to separately compare egocentric and allocentric strategies, providing participants with 3D information naturally present in daily orientation activities. We will assess the performance of male and female young adults on the two strategies. Ninety-four subjects were recruited and performed egocentric and allocentric spatial memory card placing tasks. Spatial Span, forward and backward, was also assessed using the Cambridge Neuropsychological Assessment Battery (CANTAB), and the brief version of Benton's Judge of Line Orientation Test (JoLO) was used to evaluate the ability to judge spatial relations. Our results show that men outperformed women on both spatial memory tasks. Women performed better on Allocentric tasks than on Egocentric tasks, whereas men's scores did not show differences between strategies. Spatial memory performance on the card placing tasks was significantly correlated with performance on the backward visuospatial span from the CANTAB. This study supports the existence of gender differences in spatial memory functioning, and it provides novel tools for the neuropsychological assessment of spatial memory.

1. Introduction

The space where humans move is often occupied by objects and other organisms, and so it is indispensable to take their positions into account when planning our movements, carrying out behaviors, or evaluating what is happening in the environment at any given moment [1]. Spatial cognition is a function that has to do with "knowledge and beliefs about spatial properties of objects and events in the world" [2]. This knowledge starts up when humans navigate through the environment in a function called spatial orientation: the ability to follow a path through the environment in order to find a target location [3]. For this purpose, we can locate and reorient ourselves with regard to our own organism – the egocentric strategy – or independently of the viewer's position – the allocentric strategy – [4]. The former requires the ability to use our internal cues – distances, turns, and directions – and follow and update our movements [5]. The latter involves remembering elements in the environment, and it eventually allows us to create representations of our world – through mapping – [6,7]. Both strategies

are necessary for fully functional spatial navigation, and so we frequently switch, integrate, and combine them [8].

Correct functioning of other systems is required for spatial orientation performance. We need to perceive sensorial and proprioceptive stimuli in order to identify our surrounding environment and our own location in it. We first need to memorize information and then remember it, so that we can reorient ourselves in previously known places, and we have to plan our own orientation strategies or our own spatial routes to reach a target location [9]. Thus, spatial navigation is a complex capacity that requires the participation of other information and processes. Currently, spatial orientation is mainly assessed using virtual reality or computed-based tasks [10–13]. These tests are useful and easy to administer, and they allow the examiner to control and manipulate variables such as complexity, time response, the available cues, or the path followed by the participant, all of which help to improve our knowledge about spatial orientation in humans. However, it seems that some vital stimuli that are present in daily spatial orientation activities, such as proprioceptive, somesthetic, or vestibular

* Corresponding author at: Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain.
E-mail address: mendezlmaria@uniovi.es (M. Mendez).

<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.09.017>

Received 6 July 2018; Received in revised form 29 August 2018; Accepted 21 September 2018

Available online 28 September 2018

0166-4328/ © 2018 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

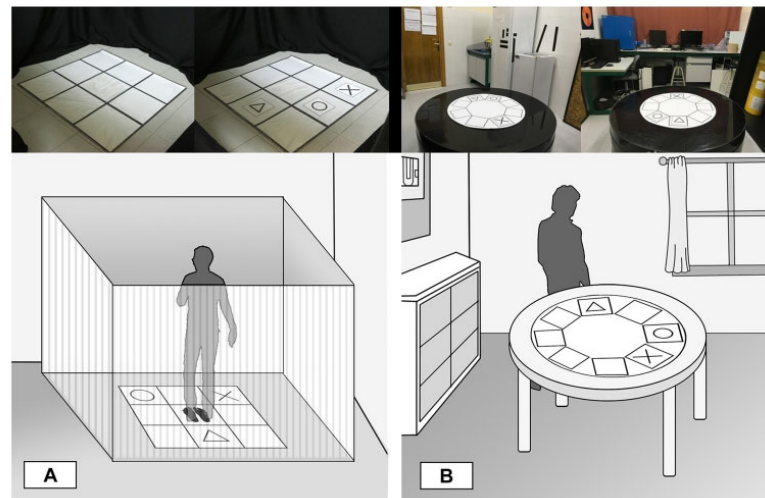


Fig. 1. Representation of experimental conditions of the Egocentric Spatial Memory Task (A) and the Allocentric Spatial Memory Task (B).

information, are not available on computerized tasks [14,15]. A few studies have used other tasks that allow participants to move and perceive all this 3D information usually present in real environments [15–17], even combining them with new technologies, as in augmented reality [18]. However, no virtual tests or real world tests are used to compare performance on the two types of spatial strategies, egocentric and allocentric, because their main aim is usually to compare ages and/or genders. Therefore, these tasks do not make it possible to know whether participants eventually solve the task using one framework, the other framework, or a combination of the two. In addition, on the one hand, we know that the egocentric strategy appears earlier in babies [19], whereas the allocentric framework does not appear until two years of age [20] and is not fully developed until the age of seven [21]. On the other hand, studies have shown that the egocentric strategy does not decline until 60 years old, and the allocentric strategy until 70 years old [22]. Thus, we can expect that in adults, especially young adults, there are no performance impairments if we compare the two frameworks.

Gender differences are frequently found on spatial memory tasks, where men usually outperform women, with a lower response latency or better adaptation to increases in difficulty [10–12,23,24]. However, this performance depends on the presence of other variables: the type of cues available, previous experiences, or familiarity with the environment [15,17,25,26]. The strategy followed is also important: for example, men seem to prefer to use Euclidean information, whereas women usually trust in landmarks [27–30]. Thus, we can assume that gender could have an influence on the performance of one strategy over the other. Previous studies have found that egocentric performance remains equal between genders, but men achieve better scores than women in allocentric conditions [31]. Moreover, gender differences have been found in other visual and spatial capacities, such as mental rotation [28] or visual span [15]. Therefore, these kinds of abilities must be taken into consideration in interpreting gender divergence.

The aim of this study was to examine gender differences in spatial memory in a young adult population using a real world-based task. This task makes it possible to compare the egocentric and allocentric strategies separately, providing participants with 3D information naturally present in daily orientation activities. This task could be useful for neuropsychological assessment in adults as a way to introduce ecological and functional tasks into regular cognitive evaluations. Because

spatial orientation is a complex process, we also employ some visual and spatial neuropsychological standardized tests for comparison in our studied population. We hypothesized that men would outperform women on egocentric and allocentric tests, as well as on visuospatial neuropsychological tasks. Men would have better performance on allocentric tasks than on egocentric tasks, whereas egocentric vs. allocentric differences would not appear in women.

2. Material and method

2.1. Participants

The sample was composed of 94 subjects, 47 males (20.98 ± 3.791) and 47 females (19.74 ± 2.1 years). Subjects were students from the University of Oviedo (Spain) that participated voluntarily in the study. Exclusion criteria included some circumstances that could potentially interfere with performance, such as neurological disorders, psychiatric problems, or intellectual disability. IQ was checked using the *Reynolds Intellectual Screening Test (RIST)* [32], dismissing participants who did not reach a score of ≤ 85 points. All the subjects were given information and provided their written consent before the experiment began. This study was conducted in compliance with the European Community Council Directive 2001/20/EC and the Helsinki Declaration for biomedical research involving humans.

2.2. Materials

2.2.1. Egocentric spatial memory test

This task is a purely egocentric adaptation of the Hashimoto test [33]. It consisted of a squared template (105×105 cm.) divided into nine squares (3×3 each 35×35 cm.) and placed on the floor. The subject was located in the center of the matrix and three cards (circle, triangle, and cross) were employed as stimuli. In our version, we include four opaque panels (280×205 cm.) that were arranged in a square around the subject, to prevent any visual information that could guide task performance (See Fig. 1.A).

2.2.2. Allocentric spatial memory test

This test was performed on a round table where a round template (95 cm. of diameter) was placed. Eight possible locations were drawn

on this template, marked as squares along its perimeter. Three cards (circle, triangle, and cross) were employed as stimuli. This task was conducted in a regular rectangular room with all the usual furniture and objects visible to the participant (See Fig. 1.B).

2.3. Procedure

The experiment took place in the Faculty of Psychology, Oviedo. Participants were informed about the tasks and tested individually by trained psychologists. All procedures were performed in a session lasting 60 min. Assessment began with the Reynolds Intellectual Screening Test (RIST), followed by Benton's Judge of Line Orientation Test, Spatial Span from Cambridge Neuropsychological Assessment Battery (CANTAB), Allocentric Spatial Memory Test and Egocentric Spatial Memory Test.

2.3.1. Egocentric spatial memory test

Each subject was placed in the center of the template located inside 4 opaque panels, in order to force him/her to employ body position as a reference and avoid environmental cues. We evaluated the ability to memorize the spatial placement of objects located on the floor around the participant. This task had two parts. In part A, the participant stood in the center of the squared matrix and was asked to remember the position of three cards (circle, triangle, and cross) placed in one of the eight positions surrounding him/her. The evaluator removed the cards after a 10-second delay and told the participant to return them to their previous location (See Fig. 2.A). In part B, the participant had to remember the location of the same three cards, but after the cards had been removed, he/she was rotated to the right or left by 90° or 180° and then told to put the cards back in the same position (See Fig. 2.B). During the task, the participant could see all changes made in the placement and removal of the cards, as well as his/hers own turns. On each part, the participant could score 30 points. Therefore, each subject could obtain between 0 and 60 points in total.

2.3.2. Allocentric spatial memory test

On this task, we assessed the ability to represent the spatial placement of objects using distal environmental cues. The participant stood in front of a round table with 8 possible locations, indicated with squares. In the sample trial, the examiner put the circle, triangle, and cross cards on three of these squares and asked the participant to

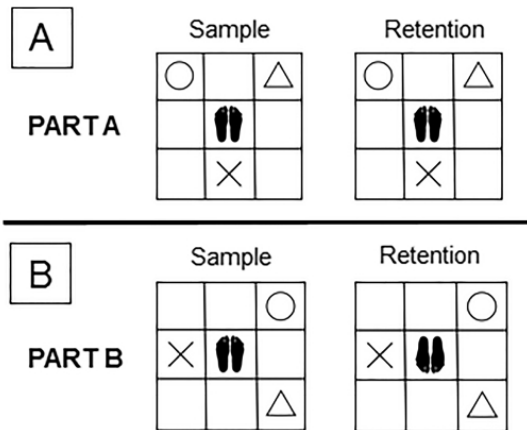


Fig. 2. Example of Egocentric sample and retention trials of Part A (A) and Part B (B) of the Task. In Part A, the participants stayed in the same position throughout the sample and retention trials, whereas in Part B, they rotated to the right or left 90° or 180° after the sample trial. The subject scored 1 point for each card placed correctly.

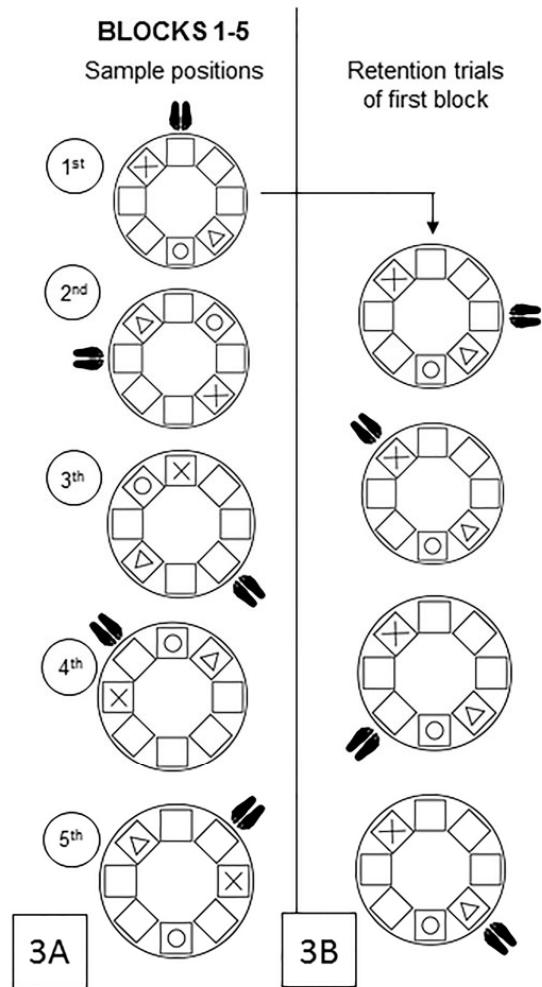


Fig. 3. Position of cards in the five blocks of the Allocentric Task (A). Each block consisted of a sample where the participant was shown the card's location for the first time and 4 retention trials where the subject was moved to a new position in each trial (B). The location of the cards did not change in every block but it was different between them. The subject scored 1 point for each card placed correctly.

remember their location. After 10 s, the subject was blindfolded, and the evaluator moved him/her by walking around the table to another location. From this new position, in every retention trial, the participant was told to return the three cards to their previous location. If the subject made any mistakes, the examiner corrected him/her and indicated the right position. The test consisted of 5 blocks of 4 trials each (See Fig. 3A), where the location of the 3 cards on the table was the same in each block and repeated in 4 retention trials, even though the participant was moved to a different position in each trial (See Fig. 3B). On each block, the participant could score 12 points, so he/she could obtain between 0 and 60 points in total.

2.3.3. Benton's judge of line orientation test

The Brief version of the TF 2/3 H11-30 was used to evaluate the ability to judge spatial relations. The subject was asked to match the two lines at the top with the corresponding 11 lines at the bottom,

displayed in a radial form [34]. The maximum score was 30 points.

2.3.4. Spatial span (forward and backward) - Cambridge neuropsychological assessment battery (CANTAB)

We assessed visuospatial span in the Forward version and visuospatial working memory in the Backward version [35], based on the Corsi block-tapping test. On a touchpad, the participant was shown some white squares, some of which were going to light up in a specific order. The subject was asked to touch them in the same order on the Forward task, and in the opposite order on the Backward task. The test started with 2 span items, adding 1 additional item in the following trials until reaching 9 squares; therefore, the maximum score in each part is 9 points. The task allowed the participant to repeat the same span as in the previous trial if he/she made a mistake. If the participant committed three errors with the same span items, the task ended.

2.4. Statistical analysis

Analyses were performed with SigmaStat software version 3.2 (Systat, Richmond, USA). Saphiro-Wilk was used to test normality and Levene was employed to check homogeneity. T-tests were used to compare genders and Egocentric and Allocentric scores. Repeated-measures ANOVAs were used on the Allocentric task to evaluate improvement across blocks of trials, using Holm-Sidak for post hoc analysis. Bivariate Pearson correlation analysis was performed to assess relationships between the spatial orientation tasks and the neuropsychological variables. The Cohen's d effect size was reported for every comparison (d). Differences were considered significant for p < 0.05.

3. Results

Saphiro-Wilk and Levene tests have shown that our sample has normal distribution and homogeneity of variances (p > 0.05). T-tests revealed a significant main effect of Gender on Egocentric A (t92 = -2.436, p = 0.017, d = 0.503), Egocentric B (t92 = -3.289, p = 0.001, d = 0.678), Allocentric (t92 = -2.319, p = 0.005, d = 0.591), Spatial Span Forward (t92 = -2.225, p = 0.029, d = 0.459) and Spatial Span Backward (t92 = -3.831, p < 0.001, d = 0.790). JoLO did not show significant Gender differences (p = 0.257) (See Table 1).

In the whole sample, paired T-tests revealed significant differences between Egocentric and Allocentric performance (t93 = 2.595, p = 0.011, d = 0.303). Although men's scores did not show differences between the strategies (p = 0.145), women obtained different results with better scores on Allocentric tasks than on Egocentric tasks (t46 = 2.126, p = 0.039, d = 0.392) (See Fig. 4).

Comparing the Allocentric blocks, T-tests showed a significant effect of Gender on the first (t92 = -2.655, p = 0.009, d = 0.547) and fifth blocks (t92 = -2.036, p = 0.045, d = 0.420), where men scored better than women. Repeated-measures ANOVAs showed a significant effect

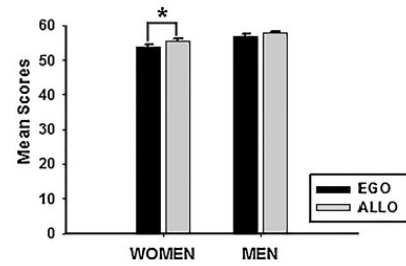


Fig. 4. Mean Egocentric (EGO) and Allocentric (ALLO) scores in Women's and Men's groups. Significant differences were found between EGO vs. ALLO in Women (*p < 0.05), with higher scores on Allocentric than Egocentric.

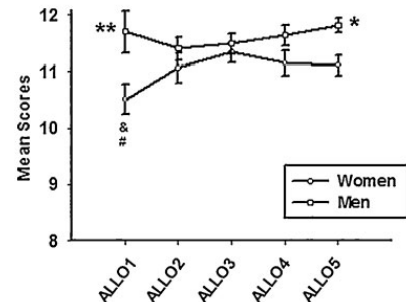


Fig. 5. Mean scores on the Allocentric blocks (1–5) in the Women's and Men's groups. Significant differences between Men and Women were shown in the first and fifth blocks (*p = 0.045; **p = 0.009, respectively). Improvement across the blocks of trials was also shown in the group of Women. The fifth and third blocks were better than the first (&p = 0.036 and #p = 0.032, respectively).

of learning in women (F4,184 = 2.932, p = 0.022, η2 = 0.191). In the women's group, post-hoc Holm-Sidak analysis revealed that scores on the third and fifth blocks were better than on the first block (t = 2.986, p = 0.032, d = 0.548 and t = 2.912, p = 0.036, d = 0.544, respectively). Men did not show differences across Allocentric blocks (p = 0.689) (See Fig. 5).

Correlation analysis showed significant relations between Backward Spatial Span and Part B of the Egocentric task (r = 0.344 p = 0.003) with a medium correlation level. Backward Spatial Span was also significantly correlated with the Allocentric task (r = 0.309 p = 0.003) with a medium correlation level (See Table 2).

Table 1 Mean and SD for tests scores in Gender groups.

Tasks	Females Mean (SD)	Males Mean (SD)	p value
EGOA	29.09 (1.33)	29.66 (0.92)	0.017
EOGB	24.57 (4.01)	27.21 (3.77)	0.001
ALLO	55.43 (4.46)	57.74 (3.29)	0.005
JoLO	25.07 (4.88)	26.06 (3.41)	0.257
SSP-F	7.23 (0.96)	7.83 (1.56)	0.029
SSP-B	6.28 (1.19)	7.47 (1.77)	< 0.001

EGOA Egocentric Spatial Memory Task part A; EOGB Egocentric Spatial Memory Task part B; ALLO Allocentric Spatial Memory Task; JoLO Benton's Judge of Line Orientation Test; SSP-F Spatial Span Forward; SSP-B Spatial Span Backward.

Table 2 Correlation of Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks with Benton's Judge of Line Orientation Test and Spatial Span Forward and Backward from CANTAB.

Tasks		JoLO	SSP-F	SSP-B
EGOA	Pearson Correlation	.047	.113	.128
	p value	.654	.277	.221
EOGB	Pearson Correlation	.109	.189	.304**
	p value	.302	.068	.003
ALLO	Pearson Correlation	.028	.199	.309**
	p value	.791	.055	.003

EGOA Egocentric Spatial Memory Task part A; EOGB Egocentric Spatial Memory Task part B; ALLO Allocentric Spatial Memory Task; JoLO Benton's Judge of Line Orientation Test; SSP-F Spatial Span Forward; SSP-B Spatial Span Backward.

4. Discussion

In this study, two tasks were tested in young adults to analyze gender differences in their performance on the two spatial orientation strategies, egocentric and allocentric, trying to approach the natural conditions (self-movement, optical flow, proprioceptive stimuli, etc.) that appear in daily navigational activities. These tasks allow us to compare performance on the two strategies, whose differentiation could be useful for mnemonic impairments or the diagnosis of topographical disorientation. In addition, they provide participants with the opportunity to visualize reality without 2D or virtual images, avoiding the use of the computer or other devices that could require previous understanding of their handling in some populations.

This study shows that men outperform women on Egocentric and Allocentric spatial orientation. These results are consistent with previous studies, where males usually outperform females on virtual navigation tasks [10–12,23,24] as well as on real world-based tasks [22,29]. This gender divergence has been related to several variables. First, men and women seem to show different brain activation patterns during spatial orientation: more right-lateralized activation in the posterior hippocampus has been found in men [23,36], whereas women recruit the right parietal and right prefrontal cortex [37]. Higher activation or greater volume in the hippocampus has been related to spatial navigation in professional drivers [38], whereas patients with hippocampal damage perform worse on these kinds of tasks [39]. Thus, it seems that greater involvement of the hippocampus allows men to perform better on spatial navigation. Another possibility is related to hormones, specifically testosterone, which seems to play an important role in spatial orientation: lower levels impair women's performance [40], whereas higher levels are related to better scores in men [12]. Moreover, testosterone has been related to men's improvement on other spatial abilities, such as mental rotation [41]. Therefore, better performance by men on spatial orientation could be due to biological reasons, such as brain activity patterns or hormonal levels.

Women have shown higher scores on the Allocentric strategy than on the Egocentric strategy, but men's performance remains equal in both frameworks. In other studies, when the spatial task allowed the participants to choose which strategy they preferred, women chose an egocentric strategy, whereas men employed an allocentric strategy [31]. Thus, although it seems that women usually prefer an egocentric framework, allocentric outperforms egocentric in our tasks. However, in spite of Egocentric task only allow employing egocentric strategy, we cannot discard that during Allocentric task women could also have used egocentric information. Although our aim was to recreate as close as possible a pure allocentric strategy, we could not be sure about the participant's strategy used in this Allocentric task. Participants can perceive their movements and their vestibular information, even if they are blindfolded. Therefore, these results could indicate that women use allocentric strategy better than egocentric, but a combination of both strategies during Allocentric test is also a possible explanation for the results. Another option is that worse scores on the Egocentric test could be due to the absence of real environmental information during the test. We need to consider that when spatial navigation is carried out in a version of the Morris Water Maze, as in most virtual spatial orientation assessments, egocentric responses are associated with reorientation with local landmarks, whereas allocentric responses are related to the spatial layout. However, our Egocentric test is as pure as possible, without any local or distal environmental cues, thus leaving participants to reorient themselves with their own turns. Previous studies have found that females employ landmarks, whereas men use Euclidean information [27–30], but on our Egocentric task, women have no access to environmental cues. Therefore, our study supports the idea that women employ landmarks for spatial orientation, but because the Egocentric test does not allow them to use environmental information, females achieve better scores on the Allocentric test, where cues are available. However, our Egocentric task did not keep men from

calculating distances or proportions if they wanted to. This means they could employ Euclidean information, which could be the reason men perform equally on Egocentric and Allocentric tasks.

Gender divergences appear in different Allocentric trials: males score better than females in the first and fifth trial. Moreover, the learning achieved during the Allocentric test differs between genders: women show improvement across trials, but men do not. Men's results are not surprising because they almost reach a ceiling effect in all the trials of the Allocentric test, which means that no learning effect appears because they almost get maximum scores on the fifth trial. Future studies could include an increase in task difficulty for males in order to analyze their spatial learning capacities. However, women do show improvements on the third and fifth trials. The first trial yields the lowest score for the women's group, compared to other trials and compared to men. Although the examiner gave the participants the instructions and the procedure for the task beforehand, they were never told how to solve the task; in other words, the subjects were not told if they needed to pay attention to environmental cues to perform the task correctly, and so they had to figure it out. These results could indicate that, whereas men discover the right strategy to solve the task on the first attempt, women need more time or more trials to realize how to locate the cards correctly. For example, women seem to show an exploratory behavior on real world-based tasks [17] that involves an increase in the time doing the test. In addition, it seems that if women have enough time to remember spatial information, more than men usually need, gender differences disappear [25], and spatial navigation in unfamiliar environments seems to impair reorientation performance, especially in women [42]. Therefore, not having enough time to remember all the spatial information linked to being in an unknown location could have affected women's performance. On the third trial, men's and women's scores were equal, which shows that when women are given enough time and trials, their performance does not differ from that of males. Future perspectives could include manipulating the time of exposure or previous familiarity with the environment in female participants. However, on the fifth trial, we can observe how women's performance decreases again, compared to their own performance and compared to men's. Gender divergences in spatial orientation performance usually appear when task difficulty increases [43], but not when the task remains in easier stages. However, our Egocentric and Allocentric tests do not become more complex across trials. This could mean that, even if we do not change the difficulty deliberately, women could find the last Allocentric trials harder than previous ones. Accumulative fatigue could explain this rise in complexity perceived by women. If the spatial memory task involves high integration and imagined transformation of the visual material [25], as the Allocentric task does, the difficulty for women increases. Therefore, sustaining this complex process across the 20 trials of the Allocentric test could be a great effort for female participants that could affect their later trial performance.

Visuospatial working memory seems to play a vital role in spatial orientation performance, especially in women. On the one hand, we find that visuospatial span and visuospatial working memory show differences between genders, where males again outperform females. These results have been replicated in previous studies [44,45], and they have been related to processing speed [46] and different patterns of brain activity [47]. On the other hand, we find that both Egocentric B and Allocentric scores correlate with visuospatial working memory scores. In other words, a certain part of spatial orientation performance could be due to visuospatial working memory achievement. As mentioned above, women perform worse on this function, which has been related to spatial orientation [15].

5. Conclusion

In this study, we have administered novel spatial orientation tasks, trying to recreate the natural conditions of daily spatial navigation, but separately assessing the two frameworks, egocentric and allocentric,

employed to reach the target locations. In young adults, we found that men outperform women on Egocentric and Allocentric tests, as well as on visual and spatial abilities such as visuospatial span and working memory. This could have influenced the female spatial orientation results. Contrary to what was expected, men perform equally well on both Egocentric and Allocentric strategies, but women achieved better scores on Allocentric tasks than on Egocentric tasks, probably due to their preference for the use of landmarks for reorientation. These tasks could become useful tools for the assessment of spatial memory ability and the use of allocentric and egocentric strategies.

Conflict of interest

Authors report no conflicts of interest regarding the publication of this manuscript.

Acknowledgments

This study was funded by Project grants of SECRETARÍA DE ESTADO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN PSI2017-83893-R and MINISTERIO DE ECONOMÍA INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD del Gobierno de España PSI2015-73111-EXP, and Programa "Severo Ochoa" de Ayudas Predoctorales de la CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE del Principado de Asturias (España) PA-17-PF-BP16090.

References

- Tommasi, B. Laeng, Psychology of spatial cognition, Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci. 3 (2012) 565–580, <https://doi.org/10.1002/wcs.1198>.
- D.R. Montello, Spatial cognition, Int. Encycl. Soc. Behav. Sci. (2001) 14771–14775.
- C.V. Vorhees, M.T. Williams, Assessing spatial learning and memory in rodents, ILAR J. 55 (2014) 310–332, <https://doi.org/10.1093/ilar/ilu013>.
- G. Ruggiero, T. Iachini, F. Ruotolo, V.P. Senese, Spatial memory: the role of egocentric and allocentric frames of reference, in: J.B. Thomas (Ed.), Spat. Mem. Visuospatial Process. Cogn. Perform. Dev. Eff. 1st ed., Nova Science Publishers, 2009, pp. 51–75.
- A.E.G.F. Arnold, F. Burles, S. Bray, R.M. Levy, G. Iaria, Differential neural network configuration during human path integration, Front. Hum. Neurosci. 8 (2014) 1–12, <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00263>.
- N. Burgess, Spatial cognition and the brain, Ann. N. Y. Acad. Sci. 1124 (2008) 77–97, <https://doi.org/10.1196/annals.1440.002>.
- J. O'Keefe, Lynn Nadel, The Hippocampus As a Cognitive Map, Clarendon Press, Oxford, 1978.
- M. Nardini, P. Jones, R. Bedford, O. Braddick, Development of cue integration in human navigation, Curr. Biol. 18 (2008) 689–693, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.021>.
- F. Chersi, N. Burgess, The cognitive architecture of spatial navigation: hippocampal and striatal contributions, Neuron 88 (2015) 64–77, <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.021>.
- I. León, L. Tascón, J.M. Cimadevilla, Age and gender-related differences in a spatial memory task in humans, Behav. Brain Res. 306 (2016) 8–12, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.03.008>.
- L. Tascón, L.M. García-Moreno, J.M. Cimadevilla, Almería Spatial Memory Recognition Test (ASMRT): gender differences emerged in a new passive spatial task, Neurosci. Lett. 651 (2017) 188–191, <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.05.011>.
- I. Driscoll, D.A. Hamilton, R.A. Yeo, W.M. Brooks, R.J. Sutherland, Virtual navigation in humans: the impact of age, sex, and hormones on place learning, Horm. Behav. 47 (2005) 326–335, <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.11.013>.
- G. Iaria, L. Palermo, G. Committer, J.J.S. Barton, Age differences in the formation and use of cognitive maps, Behav. Brain Res. 196 (2009) 187–191, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.08.040>.
- P. Banta Lavenex, S. Lecci, V. Pretre, C. Brandner, C. Mazza, J. Pasquier, P. Lavenex, As the world turns: Short-term human spatial memory in egocentric and allocentric coordinates, Behav. Brain Res. 219 (2011) 132–141, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.12.035>.
- L. Piccardi, G. Iaria, M. Ricci, F. Bianchini, L. Zompanti, C. Guariglia, Walking in the Corsi test: which type of memory do you need? Neurosci. Lett. 432 (2008) 127–131, <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.12.044>.
- I. Gazova, J. Laczó, E. Rubinova, I. Mokrisova, E. Hyncicova, R. Andel, M. Vyhnaek, K. Sheardova, E.J. Coulson, J. Hort, Spatial navigation in young versus older adults, Front. Aging Neurosci. 5 (2013) 1–8, <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00094>.
- P. Banta Lavenex, P. Lavenex, Spatial relational learning and memory abilities do not differ between men and women in a real-world, open-field environment, Behav. Brain Res. 207 (2010) 125–137, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.09.046>.
- M.C. Juan, M. Mendez-Lopez, E. Perez-Hernandez, S. Albiol-Perez, Augmented reality for the assessment of children's spatial memory in real settings, PLoS One 9 (2014) 1–26, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113751>.
- L.P. Acredolo, Development of spatial orientation in infancy, Dev. Psychol. 14 (1978) 224–234, <https://doi.org/10.1037/0012-1649.14.3.224>.
- N. Newcombe, J. Huttenlocher, A.B. Drummey, J.G. Wiley, The development of spatial location coding: place learning and dead reckoning in the second and third years, Cogn. Dev. 13 (1998) 185–200, [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90038-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90038-7).
- W.H. Overman, B.J. Pate, K. Moore, A. Peleuster, Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze, Behav. Neurosci. 110 (1996) 1205–1228, <https://doi.org/10.1037/0735-7044.110.6.1205>.
- G. Ruggiero, O. D'Errico, T. Iachini, Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age, Psychol. Res. 80 (2016) 259–272, <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>.
- J. Persson, A. Herlitz, J. Engman, A. Morell, D. Sjölie, J. Wikström, H. Söderlund, Remembering our origin: gender differences in spatial memory are reflected in gender differences in hippocampal lateralization, Behav. Brain Res. 256 (2013) 219–228, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.07.050>.
- B.J. Piper, S.F. Acevedo, K.R. Edwards, A.B. Curtiss, G.J. McGinnis, J. Raber, Age, sex, and handedness differentially contribute to neurospatial function on the Memory Island and Novel-Image Novel-Location tests, Physiol. Behav. 103 (2011) 513–522, <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.03.024>.
- R. Nori, L. Piccardi, A. Maiale, M. Goro, A. Rossetti, O. Argento, C. Guariglia, No gender differences in egocentric and allocentric environmental transformation after compensating for male advantage by manipulating familiarity, Front. Neurosci. 12 (2018) 1–9, <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00204>.
- M. de Goede, A. Postma, Learning your way in a city: experience and gender differences in configurational knowledge of one's environment, Front. Psychol. 6 (2015) 1–9, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00402>.
- D.S. Shah, J. Prados, J. Gamble, C. De Lillo, C.L. Gibson, Sex differences in spatial memory using serial and search tasks, Behav. Brain Res. 257 (2013) 90–99, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.09.027>.
- J.M. Dabbs, E.L. Chang, R.A. Strong, R. Milun, Spatial ability, navigation strategy, and geographic knowledge among men and women, Evol. Hum. Behav. 19 (1998) 89–98, [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(97\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(97)00170-4).
- D.M. Saucier, D.M. Saucier, S.M. Green, J. Leason, A. Macfadden, S. Bell, L.J. Elias, Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? Behav. Neurosci. 116 (2002) 403–410, <https://doi.org/10.1037/0735-7044.116.3.403>.
- N.J. Sandstrom, J. Kaufman, S.A. Huettel, Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task, Cogn. Brain Res. 6 (1998) 351–360, [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(98\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(98)00002-0).
- D.J.H. van Gerven, A.N. Schneider, D.M. Wuitchik, R.W. Skelton, Direct measurement of spontaneous strategy selection in a virtual morris water maze shows females choose an allocentric strategy at least as often as males do, Behav. Neurosci. 126 (2012) 465–478, <https://doi.org/10.1037/a0027992>.
- C.R. Reynolds, R.W. Kamphaus, RIAS (Reynolds Intellectual Assessment Scales) and the RIST (Reynolds Intellectual Screening Test), Professional Manual, Psychological Assessment Resources, Florida, 2003.
- R. Hashimoto, Y. Tanaka, I. Nakano, Heading disorientation: a new test and a possible underlying mechanism, Eur. Neurol. 63 (2010) 87–93, <https://doi.org/10.1159/000276398>.
- A. Benton, K. Hamsher, N. Varney, O. Spreen, Contributions to Neuropsychological Assessment: A Clinical Manual, Oxford University Press, New York, 1983.
- T.W. Robbins, M. James, A.M. Owen, B.J. Sahakian, L. McInnes, P. Rabbitt, Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): a factor analytic study of a large sample of normal elderly volunteers, Dementia 5 (1994) 266–281.
- L. Frings, K. Wagner, J. Unterrainer, J. Spreer, U. Halsband, A. Schulze-Bonhage, Gender-related differences in lateralization of hippocampal activation and cognitive strategy, Neuroreport 17 (2006) 417–421, <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000203623.02082.e3>.
- G. Grön, A.P. Wunderlich, G. Grön, A.P. Wunderlich, M. Spitzer, R. Tomczak, M.W. Riepe, Brain activation during human navigation: gender-different neural networks as substrate of performance, Nat. Neurosci. 3 (2004) 404–408, <https://doi.org/10.1038/73980>.
- E.A. Maguire, K. Woollett, H.J. Spiers, London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis, Hippocampus 17 (2007) 801–812, <https://doi.org/10.1002/hipo>.
- R.S. Astur, L.B. Taylor, A.N. Mamelak, L. Philpott, R.J. Sutherland, Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task, Behav. Brain Res. 132 (2002) 77–84, [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(01\)00399-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00399-0).
- J. Burkitt, D. Widman, D.M. Saucier, Evidence for the influence of testosterone in the performance of spatial navigation in a virtual water maze in women but not in men, Horm. Behav. 51 (2007) 649–654, <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.007>.
- R. Li, Why women see differently from the way men see? A review of sex differences in cognition and sports, J. Sport Med. Allied Health Sci. Off. J. Ohio Athl. Train. Assoc. 3 (2014) 155–162, <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.012>.
- T. Iachini, F. Ruotolo, G. Ruggiero, The effects of familiarity and gender on spatial representation, J. Environ. Psychol. 29 (2009) 227–234, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.07.001>.
- C. Emanuele, G. Louse, Gender differences in spatial orientation: a review, J. Environ. Psychol. 24 (2004) 329–340, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.08.008>.

- 006.
- [44] L. Lejbak, M. Crossley, M. Vrbancic, Brain and cognition A male advantage for spatial and object but not verbal working memory using the n-back task, *Brain Cogn.* 76 (2011) 191–196, <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2010.12.002>.
- [45] R. Lynn, P. Irwing, Sex differences in mental arithmetic, digit span, and g defined as working memory capacity, *Intelligence* 36 (2008) 226–235, <https://doi.org/10.1016/j.intell.2007.06.002>.
- [46] S. Loring-Meier, D.F. Halpern, Sex differences in visuospatial working memory: components of cognitive processing, *Psychon. Bull. Rev.* 6 (1999) 464–471.
- [47] A.C. Hill, A.R. Laird, J.L. Robinson, Gender differences in working memory networks: a brainmap, *Biol. Psychol.* 102 (2014) 18–29, <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.06.008>.

Trabajo original VII

Developmental Neuropsychology



Spatial memory in young adults and children: a comparison of egocentric and allocentric frames of reference

Journal:	<i>Developmental Neuropsychology</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keywords:	spatial orientation, memory, egocentric, allocentric, development

SCHOLARONE™
Manuscripts

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/hdvn> Email: emhoffst@gmail.com

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Title:

Spatial memory in young adults and children: a comparison of egocentric and allocentric frames of reference

Running Head:

Spatial memory in young adults and children

For Peer Review Only

Spatial memory in young adults and children: a comparison of egocentric and allocentric frames of reference

Spatial memory allows us to move through the environment using two frames of reference, egocentric, related to one's own perspective, and allocentric, based on environmental cues. Our aim was to assess egocentric and allocentric spatial orientation in children (5-7 years old) and young adults. For this purpose, two experimental tasks (Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tests) were used. Our results show that adults perform better than children on both tasks. Although children perform equally in both frames of reference, adults are more efficient on the Allocentric test than on the Egocentric test.

Keywords: Spatial orientation; memory; egocentric; allocentric; development.

1. Introduction

Organisms employ their spatial memory and orientation abilities to move through their environment without getting lost. Specifically, humans tend to use two frames of reference for this purpose: the egocentric frame, related to our own point of view and how it changes while we are moving, turning, etc.; and the allocentric frame, related to recognizing, memorizing, and associating landmarks or reference points in the environment (O'Keefe & Dostrovsky, 1971; Ruggiero, Iachini, Ruotolo, & Senese, 2009).

Nowadays, many spatial orientation tasks use virtual-based technologies performed on computers, augmented reality, or virtual reality in both adults (Goeke et al., 2015; León, Tascón, & Cimadevilla, 2016; Rodgers, Sindone III, & Moffat, 2012; Wiener, de Condappa, Harris, & Wolbers, 2013) and children (León, Cimadevilla, & Tascón, 2014; Negen, Heywood-Everett, Roome, & Nardini, 2018; Rodriguez-Andres, Juan, Mendez-Lopez, Perez-Hernandez, & Lhuch, 2016; Rodriguez-Andres, Mendez-Lopez, Juan, & Perez-Hernandez, 2018). Despite their great utility (easy to administer, possibility of collecting many data or manipulating some parameters, suitability for people with motor disabilities), it is also important to consider that spatial orientation takes place mainly in spaces where organisms are able to move their heads and whole body, perceive their own changes of position while moving, and monitor the path they have been following. Therefore, some sources of information that are naturally available in daily spatial orientation, such as optical flow or vestibular and proprioceptive information (Banta Lavenex et al., 2011; Piccardi et al., 2008), are scarce in some of these tests. Thus,

1
2
3 spatial orientation tasks in real but controlled environments can provide greater functional
4 validity and complement the information acquired from virtual tasks. There are examples of
5 such tasks based on everyday environments in both children and adults. However, in the case of
6 the adult population, we often find only one of the two frames, either egocentric (Piccardi et al.,
7 2008) or allocentric (Banta Lavenex & Lavenex, 2010; Rosenbaum, Winocur, Binns, &
8 Moscovitch, 2012), or on the other hand, both types of information without clearly
9 differentiating between them (Gazova et al., 2013; Ruggiero, D'Errico, & Iachini, 2016). In the
10 case of children, we find that the allocentric framework has been studied much more than the
11 egocentric one, and again, it is not common for previous studies to directly compare the two
12 frames of reference (Fernandez-Baizan, Arias, & Mendez, 2019). To explore the normal
13 functioning of egocentric and allocentric capacities, tests are administered to adult subjects or to
14 children, but there are few cases that compare the performance of these two populations. Even
15 though almost all of these studies find that adults perform better than children, the egocentric-
16 based response seems to be more accurate or more frequently employed than the allocentric one
17 in both children and adults (Hu, Yang, Huang, & Shao, 2018; Ruggiero et al., 2016). However,
18 not all previous studies coincide, with participants more spontaneously using an allocentric
19 response in some cases (Yang, Merrill, & Wang, 2019). Another important variable to consider
20 in spatial orientation performance is gender, as men generally outperform women (León et al.,
21 2016; Persson et al., 2013; Tascón, García-Moreno, & Cimadevilla, 2017), although not
22 necessarily during childhood (Nazareth, Huang, Voyer, & Newcombe, 2019).

23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
The assessment of allocentric and egocentric frames of reference separately is particularly
relevant for two reasons. On the one hand, clinicians are interested in whether or not the patient
has problems in orientation using each frame, as the aims and methodology of intervention
would change accordingly. Certain neurodegenerative diseases, such as Alzheimer's disease and
amnesic mild cognitive impairment, show egocentric and allocentric deficits (Allison, Fagan,
Morris, & Head, 2016; Ruggiero & Iachini, 2018; Serino, Morganti, Di Stefano, & Riva, 2015).
Lesions of the medial temporal lobe lead to problems in the use of allocentric information
(Astur, Taylor, Mamelak, Philpott, & Sutherland, 2002; Glikmann-Johnston et al., 2008), while
lesions of the retrosplenial cortex are related to topographic and head disorientation (Hashimoto,
Tanaka, & Nakano, 2010). In children, certain clinical populations show an adequate spatial
memory for their evolutionary moment, such as spinal muscular atrophy (Rivière & Lécuyer,
2002) or perinatal stroke (Murias et al., 2017). Difficulties in both frameworks are found in
developmental topographical disorientation (Iaria & Barton, 2010) and Williams syndrome
(Bernardino, Mouga, Castelo-Branco, & Van Asselen, 2013; Broadbent, Farran, & Tolmie,
2014), while Down syndrome (Lavenex et al., 2015), cerebral palsy (Belmonti, Fiori, Guzzetta,
Cioni, & Berthoz, 2015), and fetal alcohol syndrome (Hamilton, Kodituwakku, Sutherland, &

1
2
3 Savage, 2003) present worse allocentric-based orientation, which, as we have already
4 commented, has been the most studied. However, it still remains unclear whether these
5 populations show simultaneous deficits in the egocentric frame. On the other hand, different
6 authors have pointed out that the development of allocentric orientation would end by 7-10
7 years of age (Lepow et al., 2003; Overman, Pate, Moore, & Peleuster, 1996; Ruggiero et al.,
8 2016). However, although it seems that egocentric information is the first to be used (Acredolo,
9 1978), we still do not know with detail its developmental improvement across childhood.
10

11
12 This study aimed to compare the performance of children and young adults on egocentric and
13 allocentric assessment tests carried out in real but controlled environments, in order to provide
14 an ecological and functional measure of spatial orientation abilities, taking into account the
15 gender of the participants. Our prediction was that younger children would show the worse
16 performance of all the groups, whereas older children would obtain similar scores to adults, but
17 without reaching their level. Moreover, we hypothesised that men would perform better than
18 women, but scores would be equal for boys and girls. We also aimed to compare the two
19 frameworks, egocentric and allocentric, in both groups. Our expectation was that egocentric
20 performance would be better than allocentric performance.
21

2. Material and method

2.1. Participants

22
23 The sample was composed of 55 young adults (20.15 ± 3.303 , 25 women and 30 men), who
24 were volunteer students from the Faculty of Psychology, and 55 children aged 5 ($N=17$), 6
25 ($N=19$) and 7 ($N=19$) years (25 girls and 30 boys). Exclusion criteria included intellectual
26 disability, neurological or neurodevelopmental disorders, psychiatric problems, and any other
27 condition that could affect test performance. Their cognitive level was tested with the Reynolds
28 Intellectual Screening Test (RIST) (Reynolds & Kamphaus, 2003), and subjects whose levels
29 were 85 or below were excluded. Adult participants and parents or tutors of the children were
30 informed about the study aims and purposes, and they read and signed a written informed
31 consent. This study was conducted in compliance with the European Community Council
32 Directive 2001/20/EC and the Helsinki Declaration for biomedical research involving humans.
33

2.2. Material

2.2.1. Egocentric Spatial Memory Test

34
35 Based on the previously published head disorientation test (Hashimoto et al., 2010), a squared
36 template divided into nine squares, placed on the floor and surrounded by four opaque panels,
37 was employed. Sizes of the templates and panels varied for adults and children (105 x 105 cm
38 templates and 280 x 250 cm panels for adults, and 90 x 90 cm templates and 180 x 180 panels
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 for children). Different items were employed for adults and children in order to favour
4 motivation and avoid the influence of attention span: three cards with geometric figures for
5 adults and two cartoon pictures for children (Figure 1.A). The Egocentric test was divided into
6
7 two parts. In part A, the participant was placed in the centre of the matrix and asked to
8
9 remember the positions of the items located in the nine squares surrounding him/her. After 10
10 seconds of delay, he/she had to replace the items in their original position. In part B, after the
11 items had been shown on the template for 10 seconds, the subject was rotated (90 or 180° to the
12 right or to the left) and then asked to place the items in their positions again. Therefore, in part
13 A, the participant remains static (same point of view), whereas in part B, the participant
14 memorizes the items in one position, but relocates them in another new position (his/her point
15 of view changes). Thus, part A assesses visuospatial short-term memory in a three-dimensional
16 environment, whereas part B evaluates an egocentric response because the landmarks are hidden
17 by the panels. Children perform 10 trials (5 in part A and 5 in part B), and adults perform 20 (10
18 in part A and 10 in part B). To compare scores between groups, the children's scores were
19 transformed by multiplying their direct scores by 3.
20
21

22 2.2.2. *Allocentric Spatial Memory Test*

23 A round template with eight squares surrounding its perimeter (95 cm. and 65 cm. in diameter
24 for adults and children, respectively) was used. This test was conducted in a rectangular room
25 where furniture and objects were in the participant's sight. The same items as in the Egocentric
26 Spatial Memory Test were used for this task, and the participant was also asked to remember
27 their positions on the squares of the template (Figure 1.B). On this test, items were located in
28 the squares on the template. After 10 seconds of memorizing, the participant was blindfolded
29 and moved along the circle template to a different location. From this new position, he/she had
30 to position the items the way they were shown before. Therefore, the subject learned the items'
31 location in one position, but he/she was then moved, changing his/her point of view. However,
32 and contrary to the Egocentric test, landmarks in the room were available, and the participant
33 could use them to re-orient him/herself. The Allocentric test is divided into three blocks with a
34 maximum of 4 trials, where the position of the items participants have to memorize is always
35 the same across all the trials. In order to compare the performance of adults and children, we
36 transformed direct scores to make them comparable (children scores were multiplied by 3).
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51

52 2.3. *Procedure*

53 Subjects were tested individually by psychologists trained in administering the RIST (Reynolds
54 & Kamphaus, 2003) and the Egocentric and Allocentric Spatial Memory Test (Fernandez-
55 Baizan, Arias, & Mendez, 2019; Fernandez-Baizan, Diaz-Caceres, Arias, & Mendez, 2019).
56 The entire procedure was administered in a one 30-minute session carried out in the Faculty of
57 Psychology and in local primary schools.
58
59
60

2.4. Statistical analysis

Analyses were performed with IBM SPSS Statistics 24. After checking normality and homogeneity of our sample with Saphiro-Wilk and Levene, parametric statistics were used. A two-way multivariate ANOVA (Age group x Gender) was conducted to compare performance on the spatial memory test and Bonferroni's post hoc test was used to analyse differences between Age groups. A bivariate Pearson correlation analysis was applied to verify relations between the Egocentric and Allocentric test parts and blocks and between this spatial memory test and general intelligence and visuospatial scores. Repeated-measures ANOVAs were employed to compare the different parts and blocks of the Egocentric and Allocentric tests. The Cohen's d effect size (d) or squared Eta (η^2) was reported for group comparisons. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

3. Results

First, two-way multivariate ANOVA analysis (Age group x Gender) was conducted. For the Group variable, we found significant results on Egocentric Part A ($F_{3,27}=3.089$, $p=0.044$, $\eta^2=0.256$), Egocentric Part B ($F_{3,27}=7.925$, $p=0.001$, $\eta^2=0.468$), total Allocentric ($F_{3,27}=16.117$, $p < 0.001$, $\eta^2=0.642$), Allocentric block 2 ($F_{3,27}=10.445$, $p < 0.001$, $\eta^2=0.537$), and Allocentric block 3 ($F_{3,27}=10.357$, $p < 0.001$, $\eta^2=0.535$). Bonferroni's test revealed significant differences in Egocentric part A scores between the adult group and the 5-year-old group ($p=0.019$). On Egocentric part B, these differences were found between adults and all the groups of children: 5-year-old ($p < 0.001$), 6-year-old ($p=0.001$), and 7-year-old ($p=0.013$). The same between-group results were found on total Allocentric scores, where adults showed significant differences compared to 5-year-olds ($p < 0.001$), 6-year-olds ($p=0.001$), and 7-year-olds ($p=0.002$) (Figure 2.A). In the second block of Allocentric tasks, differences were found between adults and the 5-year-old group ($p < 0.001$), whereas in the third block, significant differences were obtained between adults and the 5-year-old ($p < 0.001$), 6-year-old ($p=0.033$), and 7-year-old ($p=0.033$) groups. Allocentric block 1 did not show significant differences between Groups ($p=0.107$) (Figure 2.B). No significant results were found for Gender or the Group x Gender interaction.

First, Pearson correlations showed that spatial orientation tasks are not related in the adult group; that is, there is no significant association between Egocentric part A, Egocentric part B, and the Allocentric tests. In the children's group, we observed that Egocentric part B was significantly related to the total Allocentric score ($r=0.305$, $p=0.024$), although Egocentric A was not significantly correlated with the other tasks.

Several repeated-measures ANOVA (Gender as between-group factor) were conducted in order to compare between spatial orientation tasks separately in each group. In the adult group, repeated-measures ANOVA (Egocentric A vs Egocentric B) revealed significant differences

1
2
3 between parts A and B ($F_{1,53}=45.834$, $p<0.001$, $\eta^2=0.464$). In addition, performing repeated-
4 measures ANOVA (Total Egocentric vs. Allocentric), significant results were found on the
5 Egocentric and Allocentric tests ($F_{1,53}=2.567$, $p<0.001$, $\eta^2=0.289$). Finally, repeated-measures
6 ANOVA (Allocentric block 1 vs. block 2 vs. block 3) revealed significant differences between
7 Allocentric blocks 1, 2, and 3 in this group ($F_{2,52}=3.610$, $p=0.034$, $\eta^2=0.122$). Specifically, these
8 differences were mainly between blocks 1 and 3 ($t_{54}=-2.613$, $p=0.011$, $d=0.364$) (Figure 2.B).
9 None of these comparisons revealed significant results for the Gender variable. In the groups of
10 children, conducting a repeated-measures ANOVA (Egocentric A vs Egocentric B), significant
11 differences were also found between Parts A and B in 5-year-olds ($F_{1,15}=25.672$, $p<0.001$,
12 $\eta^2=0.631$), 6-year-olds ($F_{1,17}=19.711$, $p<0.001$, $\eta^2=0.537$), and 7-year-olds ($F_{1,17}=24.441$,
13 $p<0.001$, $\eta^2=0.590$). However, repeated-measures ANOVA (Total Egocentric vs. Allocentric)
14 showed no group differences were observed when we compared the total Egocentric and total
15 Allocentric scores at the age of 5 ($p=0.879$), 6 ($p=0.166$), and 7 ($p=0.088$). Finally, in the groups
16 of children, conducting repeated-measures ANOVA (Allocentric block 1 vs. block 2 vs. block
17 3), no significant results were found between the Allocentric blocks (1, 2 and 3), and no
18 significant outputs were observed based on Gender.

29 4. Discussion

30
31 In this study, we aimed to assess children and young adults on their egocentric and allocentric
32 frameworks by using tasks that reproduce, as far as possible, the conditions of regular spatial
33 orientation, but in a controlled environment that allows us to implement a standard
34 neuropsychological evaluation protocol.

35
36 First, we observed that even though children's scores are close to those of adults, neither
37 younger nor older children achieve the same level as adults on egocentric (part B) and
38 allocentric orientation. Thus, our results indicate that spatial frames of reference evaluated
39 separately are not fully developed by the age of 7. On the one hand, improvements in the
40 egocentric frame have been observed until at least 10 years of age (Piccardi et al., 2014), when
41 their results in this framework could be comparable to those of adults (Ruggiero et al., 2016).
42 On the other hand, the allocentric frame of reference seems to finish its development between 7
43 (Overman et al., 1996) and 10 years old (Bullens, Iglói, Berthoz, Postma, & Rondi-reig, 2010),
44 although it seems that the most complex aspects of space navigation, such as creating cognitive
45 maps, occur at the end of this age range (Overman et al., 1996). However, not all studies agree,
46 with some finding that children at the age of 7 do not reach the level of adults in using different
47 types of allocentric cues (Bullens, Nardini, et al., 2010). It is therefore unclear whether the
48 results of the allocentric task may be due to a lack of complete development of this frame of
49 reference or to the absence of relational aspects of spatial information. Related to the latter, it is
50 impossible to rule out that the participants, during the execution of the allocentric test, were also

1
2
3 using information coming from their own organism, that is, egocentric cues. Thus, as pointed
4 out in Ekstrom review (Ekstrom, Huffman, & Starrett, 2017), while the participant moves,
5 he/she could relate the position of the landmarks to him/her position, which requires an
6 egocentric frame of reference. Even if we could minimize this effect covering participant's eyes
7 during the displacements in our allocentric task, as well as removing information coming from
8 the optical flow, we cannot discard the use of proprioceptive and vestibular signals. Thus, this
9 lower performance in children could be due to difficulties in combining the two types of
10 information, a skill that is already clearly present in adults. Therefore, including older children
11 in future research could help to define whether it is indeed the lack of integration between cues
12 that keeps children from reaching the expected allocentric performance. Moreover, we observed
13 that only the 5-year-old group scored worse than adults on visuospatial short-term memory
14 (Egocentric part A), pointing out that 6- and 7-year-old children reached adult visuospatial
15 memory capacities. It is worth mentioning that children performed the tasks with two items,
16 whereas adults employed three. Thus, it is possible that the number of items to remember
17 influenced these results. However, it should be kept in mind that the goal was to minimize the
18 visuospatial span influence for both groups. Thus, previous studies show that the average
19 visuospatial span, that is, the amount of visuospatial information the child is able to memorize,
20 at 5 years of age is 1.9 (Piccardi et al., 2014), and therefore the use of two items seems
21 appropriate for that age. However, it seems plausible to increase it to almost 3 at 7 years of age,
22 which could be addressed in future research.

23
24
25 On the other hand, learning on the Allocentric test was also different according to age. Thus,
26 compared to adults, block 3 showed differences in all the groups of children, whereas block 2
27 only revealed difference at 5 years of age, and block 1 did not show any differences. Therefore,
28 these results point out that at the beginning of the task, children can apply an allocentric strategy
29 effectively, but during the task, their performance tends to decline. Several uncontrolled factors
30 can explain why children's achievement does not improve across blocks: lack of motivation,
31 boredom, fatigue, etc. Moreover, none of these age differences exist among the children
32 themselves, i.e., between the ages of 5 and 7, performance on these spatial orientation tasks
33 seems to remain stable. These results contradict previous studies on both egocentric and
34 allocentric orientation (Juan, Mendez-lopez, & Perez-herandez, 2014; León et al., 2014;
35 Nardini, Jones, Bedford, & Braddick, 2008; Negen et al., 2018; Rodriguez-Andres et al., 2016).
36 However, many of their tasks included not only children between 5 and 7, but also younger and
37 older children, in the same group of analysis (Juan et al., 2014; Nardini et al., 2008). Moreover,
38 it is sometimes difficult to compare the experimental procedure used with the one used in the
39 present study, for example, in the case of virtual-based tasks (León et al., 2014; Negen et al.,
40 2018; Rodriguez-Andres et al., 2016).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

On the other hand, taking into account the main neuroanatomical substrates of spatial orientation, it makes sense that this ability does not finish its development until, approximately, 10 years. Different neural networks for each of the frames of reference have been proposed by previous studies. Egocentric frame relies primarily on the caudate nucleus and parietal cortex (Cook & Kesner, 1988; Neggers, Van der Lubbe, Ramsey, & Postma, 2006), while allocentric frame is supported mainly by hippocampus and parahippocampus (O'Keefe, Nadel, & Lynn, 1978). Retrosplenial cortex is involved in switching from allocentric to egocentric frame (Vann, Aggleton, & Maguire, 2009). Although the main connections of the hippocampus with other subcortical and cortical areas are already present at 4 years, these connections develop progressively until 10 years (Blankenship, Redcay, Dougherty, & Riggins, 2017). In addition, it has also been shown that global hippocampal volume still increases in late infancy, from the age of 8, until adolescence (Tamnes, Bos, van de Kamp, Peters, & Crone, 2018). During the processing of complex visual scenes, when the integration of egocentric and allocentric spatial information is needed, it has been found that children from 7 to 11 years of age present a greater immaturity of the retrosplenial cortex compared to adults (Jiang et al., 2014). In this tasks, it has also been shown a greater involvement of parahippocampal areas from childhood to adult life, which is associated with successful memory formation (Chai, Ofen, Jacobs, & Gabrieli, 2010; Meissner, Nordt, & Weigelt, 2019). While adults and children from 7 to 12 years of age present similar volume of the retrosplenial cortex, the parahippocampal areas do present less volume during this stage of childhood (Meissner et al., 2019). Finally, the progressive activation of upper parietal regions has been related to a greater specialization of episodic memory, which is found from the age of 12, but not at younger ages (Ghetti & Bunge, 2012). Structurally, it is also observed that the parietal lobe suffers the greatest decrease in cortical volume during adolescence compared to childhood (Tamnes et al., 2017).

On the other hand, we did not obtain gender differences in either adult or child participants. In the case of adults, these results are contrary to expectations, as previous studies have demonstrated (León et al., 2016; Persson et al., 2013; Tascón et al., 2017). However, it also seems that these gender differences depend on many factors, such as environmental cue availability, previous experience, and environmental familiarity (Banta Lavenex & Lavenex, 2010; Piccardi et al., 2008), and both genders tend to perform equally on the egocentric strategy (van Gerven, Schneider, Wuitchik, & Skelton, 2012). In addition, it is necessary to emphasize that our allocentric task is longer than the one adopted in this work, and it is precisely the first block and the fifth where these gender differences emerge. It is possible, therefore, that it is necessary to introduce more length and difficulty into the allocentric task in order to make it sensitive to gender differences. In the case of children, gender differences are not always found (Ribordy, Jabès, Banta Lavenex, & Lavenex, 2013), although in some studies boys outperform

1
2
3 girls (Rodríguez-Andres et al., 2018) and vice versa (Mandolesi, Petrosini, Menghini, Addona,
4 & Vicari, 2009).
5

6
7 We also found that, whereas in adults spatial orientation tasks are not related to each other, they
8 are in children. Specifically, Egocentric part B scores are associated with Allocentric
9 performance. These results may indicate that, whereas in adults such tasks seem totally
10 independent, children are trying to use egocentric information to solve the allocentric task or
11 vice versa, as we discussed above. This may be one of the reasons that, together with the lack of
12 development of this function according to their age, performance on these tasks was worse than
13 that of adults because these are not efficient strategies to solve the test. On the other hand, in
14 adults, the absence of an association between egocentric and allocentric orientation scores
15 indicates that the tasks could measure dissociated abilities. Despite the fact that, as we have
16 mentioned, there are areas that play a vital role in each of the reference frameworks, there are
17 also new proposals. They postulate that both types of orientation depend on complex neural
18 networks which include the retrosplenial, parahippocampus, hippocampus, entorhinal cortex,
19 posterior parietal cortex, precuneus, thalamus, occipital place area, and prefrontal cortex
20 (Ekstrom et al., 2017). Although this points again to the difficulty in dissociating egocentric and
21 allocentric execution, the absence of association between both frames of reference observed in
22 adults suggests that, at least at behavioral level, it is possible to differentiate their performance.
23 Furthermore, comparing their performance on the two spatial orientations, we observe that both
24 adults and children execute part A of the Egocentric task better than part B. These results are
25 consistent with previous studies showing that it is easier to solve a memory task in a static
26 position than after rotation (Vander Heyden, Huizinga, Raijmakers, & Jolles, 2017). However,
27 only in adult subjects, better performance is observed in the allocentric frame of reference than
28 in the egocentric, whereas in children, performance is the same on egocentric and allocentric
29 tasks. Although studies generally find a preference for the egocentric framework in both
30 children and adults (Bullens, Iglói, et al., 2010; Hu et al., 2018), many of these tasks combine
31 both sources of information in the same test. Thus, it is possible that this preference only occurs
32 when the information is simultaneous or conflicting, and not when analyzed in isolation, as in
33 our case.
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

50 **5. Conclusions**

51
52 This study proposed two tasks of spatial orientation assessment, egocentric and allocentric, for
53 the evaluation of children and adults, in order to compare their performance and outline a course
54 of development of these capacities. We were able to verify that at least until the age of 7, these
55 two frames of reference have not finished their development. Gender does not appear to be an
56 influential factor in performance, although some methodological aspects may be influencing
57
58
59
60

1
2
3 these outcomes. It also seems that children tend to use both types of information, egocentric and
4 allocentric, to solve tasks, whereas in adults, the two are totally independent.
5
6

7 8 9 **6. Acknowledgements**

10 11 12 13 14 **7. Declaration of interest statement**

15
16 The authors declare that they have no conflict of interest.
17

18 19 20 21 **8. References**

- 22
23
24
25 Acredolo, L. P. (1978). Development of spatial orientation in infancy. *Developmental*
26 *Psychology*, 14(3), 224–234. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.14.3.224>
- 27
28
29 Allison, S. L., Fagan, A. M., Morris, J. C., & Head, D. (2016). Spatial Navigation in Preclinical
30 Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease : JAD*, 52(1), 77–90.
31 <https://doi.org/10.3233/JAD-150855>
- 32
33
34 Astur, R. S., Taylor, L. B., Mamelak, A. N., Philpott, L., & Sutherland, R. J. (2002). Humans
35 with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris
36 water task. *Behavioural Brain Research*, 132(1), 77–84. [https://doi.org/10.1016/S0166-](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00399-0)
37 [4328\(01\)00399-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00399-0)
- 38
39
40
41 Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2010). Spatial relational learning and memory abilities do
42 not differ between men and women in a real-world, open-field environment. *Behavioural*
43 *Brain Research*, 207(1), 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.09.046>
- 44
45
46
47 Banta Lavenex, P., Lecci, S., Pretre, V., Brandner, C., Mazza, C., Pasquier, J., & Lavenex, P.
48 (2011). As the world turns: Short-term human spatial memory in egocentric and allocentric
49 coordinates. *Behavioural Brain Research*, 219(1), 132–141.
50 <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.12.035>
- 51
52
53
54 Belmonti, V., Fiori, S., Guzzetta, A., Cioni, G., & Berthoz, A. (2015). Cognitive strategies for
55 locomotor navigation in normal development and cerebral palsy. *Developmental Medicine*
56 *and Child Neurology*, 57(s2), 31–36. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12685>
- 57
58
59 Bernardino, I., Mouga, S., Castelo-Branco, M., & Van Asselen, M. (2013). Egocentric and
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

allocentric spatial representations in Williams Syndrome. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 19(1), 54–62. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000963>

Blankenship, S. L., Redcay, E., Dougherty, L. R., & Riggins, T. (2017). Development of hippocampal functional connectivity during childhood. *Human Brain Mapping*, 38(1), 182–201. <https://doi.org/10.1002/hbm.23353>

Broadbent, H. J., Farran, E. K., & Tolmie, A. (2014). Egocentric and allocentric navigation strategies in Williams syndrome and typical development. *Developmental Science*, 17(6), 920–934. <https://doi.org/10.1111/desc.12176>

Bullens, J., Iglói, K., Berthoz, A., Postma, A., & Rondi-reig, L. (2010). Developmental time course of the acquisition of sequential egocentric and allocentric navigation strategies. *Journal of Experimental Child*, 107, 337–350. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.05.010>

Bullens, J., Nardini, M., Doeller, C. F., Braddick, O., Postma, A., & Burgess, N. (2010). The role of landmarks and boundaries in the development of spatial memory. *Developmental Science*, 13(1), 170–180. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00870.x>

Chai, X. J., Ofen, N., Jacobs, L. F., & Gabrieli, J. D. E. (2010). Scene complexity: Influence on perception, memory, and development in the medial temporal lobe. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00021>

Cook, D., & Kesner, R. P. (1988). Caudate nucleus and memory for egocentric localization. *Behavioral and Neural Biology*, 49(3), 332–343. [https://doi.org/10.1016/S0163-1047\(88\)90338-X](https://doi.org/10.1016/S0163-1047(88)90338-X)

Ekstrom, A. D., Huffman, D. J., & Starrett, M. (2017). Interacting networks of brain regions underlie human spatial navigation: A review and novel synthesis of the literature. *Journal of Neurophysiology*, 118, 3328–3344. <https://doi.org/10.1152/jn.00531.2017>

Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance. *Behavioural Brain Research*, 359(August 2018), 694–700. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.09.017>

Fernandez-Baizan, C., Diaz-Caceres, E., Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: Performance on real-world tasks. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 52(4), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1414-431x20198041>

Fernandez-Baizan, Cristina, Arias, J. L., & Mendez, M. (2019). Spatial orientation assessment in preschool children : Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- Gazova, I., Laczó, J., Rubinova, E., Mokrisova, I., Hyncicova, E., Andel, R., ... Hort, J. (2013). Spatial navigation in young versus older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5(DEC), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00094>
- Ghetti, S., & Bunge, S. A. (2012). Neural changes underlying the development of episodic memory during middle childhood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(4), 381–395. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2012.05.002>
- Glikmann-Johnston, Y., Saling, M. M., Chen, J., Cooper, K. A., Beare, R. J., & Reutens, D. C. (2008). Structural and functional correlates of unilateral mesial temporal lobe spatial memory impairment. *Brain*, 131(11), 3006–3018. <https://doi.org/10.1093/brain/awn213>
- Goeke, C., Kornpetanee, S., Köster, M., Fernández-Revelles, A. B., Gramann, K., & König, P. (2015). Cultural background shapes spatial reference frame proclivity. *Scientific Reports*, 5, 1–13. <https://doi.org/10.1038/srep11426>
- Hamilton, D. A., Kodituwakku, P., Sutherland, R. J., & Savage, D. D. (2003). Children with Fetal Alcohol Syndrome are impaired at place learning but not cued-navigation in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 143(1), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00028-7)
- Hashimoto, R., Tanaka, Y., & Nakano, I. (2010). Heading disorientation: A new test and a possible underlying mechanism. *European Neurology*, 63(2), 87–93. <https://doi.org/10.1159/000276398>
- Hu, Q., Yang, Y., Huang, Z., & Shao, Y. (2018). Children and adults prefer the egocentric representation to the allocentric representation. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01522>
- Iaria, G., & Barton, J. J. S. (2010). Developmental topographical disorientation : a newly discovered cognitive disorder. *Experimental Brain Research*, 206, 189–196. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2256-9>
- Jiang, P., Tokariev, M., Aronen, E. T., Salonen, O., Ma, Y. Y., Vuontela, V., & Carlson, S. (2014). Responsiveness and functional connectivity of the scene-sensitive retrosplenial complex in 7-11-year-old children. *Brain and Cognition*, 92, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.10.005>
- Juan, M., Mendez-lopez, M., & Perez-hernandez, E. (2014). Augmented Reality for the Assessment of Children ' s Spatial Memory in Real Settings. *PLoS ONE*, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113751>
- Lavenex, P. B., Bostelmann, M., Brandner, C., Costanzo, F., Fragnière, E., Klencklen, G., ...

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- Vicari, S. (2015). Allocentric spatial learning and memory deficits in Down syndrome. *Frontiers in Psychology, 6*(FEB), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00062>
- León, I., Cimadevilla, J. M., & Tascón, L. (2014). Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task. *Neuropsychology, 28*(4), 485–495. <https://doi.org/10.1037/neu0000054>
- León, I., Tascón, L., & Cimadevilla, J. M. (2016). Age and gender-related differences in a spatial memory task in humans. *Behavioural Brain Research, 306*, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.03.008>
- Leplow, B., Lehnung, M., Pohl, J., Herzog, A., Ferstl, R., & Mehdorn, M. (2003). Navigational place learning in children and young adults as assessed with a standardized locomotor search task. *British Journal of Psychology, 94*(Pt 3), 299–317. <https://doi.org/10.1348/000712603767876244>
- Mandolesi, L., Petrosini, L., Menghini, D., Addona, F., & Vicari, S. (2009). Children's radial arm maze performance as a function of age and sex. *International Journal of Developmental Neuroscience, 27*(8), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2009.08.010>
- Meissner, T. W., Nordt, M., & Weigelt, S. (2019). Prolonged functional development of the parahippocampal place area and occipital place area. *NeuroImage, 191*(October 2018), 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.02.025>
- Murias, K., Kirton, A., Tariq, S., Gil Castillejo, A., Moir, A., & Iaria, G. (2017). Spatial Orientation and Navigation in Children With Perinatal Stroke. *Developmental Neuropsychology, 42*(3), 160–171. <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1306528>
- Nardini, M., Jones, P., Bedford, R., & Braddick, O. (2008). Development of Cue Integration in Human Navigation. *Current Biology, 18*(9), 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.021>
- Nazareth, A., Huang, X., Voyer, D., & Newcombe, N. S. (2019). A Meta-analysis of Sex Differences in Human Navigation Skills. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Negen, J., Heywood-Everett, E., Roome, H. E., & Nardini, M. (2018). Development of allocentric spatial recall from new viewpoints in virtual reality. *Developmental Science, 21*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/desc.12496>
- Neggers, S. F. W., Van der Lubbe, R. H. J., Ramsey, N. F., & Postma, A. (2006). Interactions between ego- and allocentric neuronal representations of space. *NeuroImage, 31*(1), 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.028>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- O'Keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map . Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research*, 34(1), 171–175. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5124915>
- O'Keefe, John, Nadel, & Lynn. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Overman, W. H., Pate, B. J., Moore, K., & Peleuster, A. (1996). Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze. *Behavioral Neuroscience*, 110(6), 1205–1228. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.110.6.1205>
- Persson, J., Herlitz, A., Engman, J., Morell, A., Sjölie, D., Wikström, J., & Söderlund, H. (2013). Remembering our origin: Gender differences in spatial memory are reflected in gender differences in hippocampal lateralization. *Behavioural Brain Research*, 256, 219–228. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.07.050>
- Piccardi, L., Palermo, L., Leonzi, M., Riseti, M., Zompanti, L., Damico, S., & Guariglia, C. (2014). The walking corsi test (WalCT): A normative study of topographical working memory in a sample of 4-to 11-Year-Olds. *Clinical Neuropsychologist*, 28(1), 84–96. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.863976>
- Piccardi, Laura, Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2008). Walking in the Corsi test : Which type of memory do you need ? *Neuroscience Letters*, 432, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.12.044>
- Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (2003). *RIAS (Reynolds Intellectual Assessment Scales) and the RIST (Reynolds Intellectual Screening Test)*. Professional Manual. Florida: Psychological Assessment Resources.
- Ribordy, F., Jabès, A., Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2013). Development of allocentric spatial memory abilities in children from 18 months to 5 years of age. *Cognitive Psychology*, 66(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.08.001>
- Rivière, J., & Lécuyer, R. (2002). Spatial cognition in young children with spinal muscular atrophy. *Developmental Neuropsychology*, 21(3), 273–283. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2103_4
- Rodgers, M. K., Sindone III, J. A., & Moffat, S. D. (2012). Effects of age on navigation strategy. *Neurobiology of Aging*, 33(1), 202.e15-202.e22. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2010.07.021>
- Rodriguez-Andres, D., Juan, M. C., Mendez-Lopez, M., Perez-Hernandez, E., & Lluch, J. (2016). MnemoCity task: Assessment of childrens spatial memory using stereoscopy and

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

virtual environments. *PLoS ONE*, *11*(8), 1–28.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161858>

Rodriguez-Andres, D., Mendez-Lopez, M., Juan, M. C., & Perez-Hernandez, E. (2018). A virtual object-location task for children: Gender and videogame experience influence navigation; age impacts memory and completion time. *Frontiers in Psychology*, *9*(APR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00451>

Rosenbaum, R. S., Winocur, G., Binns, M. A., & Moscovitch, M. (2012). Remote spatial memory in aging: All is not lost. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *4*(SEP), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00025>

Ruggiero, G., D'Errico, O., & Iachini, T. (2016). Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age. *Psychological Research*, *80*(2), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0658-9>

Ruggiero, G., & Iachini, T. (2018). Spatial Cognition in Normal Aging, MCI and AD. *Current Alzheimer Research*, *15*(3), 202–204. <https://doi.org/10.2174/156720501503180123100912>

Ruggiero, G., Iachini, T., Ruotolo, F., & Senese, V. P. (2009). Spatial Memory: the role of egocentric and allocentric frames of reference. In J. B. Thomas (Ed.), *Spatial Memory: Visuospatial processes, cognitive performance and developmental effects* (1st ed., pp. 51–75). Nova Science Publishers.

Serino, S., Morganti, F., Di Stefano, F., & Riva, G. (2015). Detecting early egocentric and allocentric impairments deficits in Alzheimer's disease: An experimental study with virtual reality. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *7*(MAY), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00088>

Tammes, C. K., Bos, M. G. N., van de Kamp, F. C., Peters, S., & Crone, E. A. (2018). Longitudinal development of hippocampal subregions from childhood to adulthood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *30*(November 2017), 212–222. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.03.009>

Tammes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., ... Mills, K. L. (2017). Development of the cerebral cortex across adolescence: A multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *Journal of Neuroscience*, *37*(12), 3402–3412. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3302-16.2017>

Tascón, L., García-Moreno, L. M., & Cimadevilla, J. M. (2017). Almeria Spatial Memory

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Recognition Test (ASMRT): Gender differences emerged in a new passive spatial task. *Neuroscience Letters*, 651, 188–191.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.05.011>

van Gerven, D. J. H., Schneider, A. N., Wuitchik, D. M., & Skelton, R. W. (2012). Direct measurement of spontaneous strategy selection in a virtual morris water maze shows females choose an allocentric strategy at least as often as males do. *Behavioral Neuroscience*, 126(3), 465–478. <https://doi.org/10.1037/a0027992>

Vander Heyden, K. M., Huizinga, M., Raijmakers, M. E. J., & Jolles, J. (2017). Children's representations of another person's spatial perspective: Different strategies for different viewpoints? *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.09.001>

Vann, S. D., Aggleton, J. P., & Maguire, E. A. (2009). What does the retrosplenial cortex do? *Nature Reviews Neuroscience*, 10(11), 792–802. <https://doi.org/10.1038/nrn2733>

Wiener, J. M., de Condappa, O., Harris, M. A., & Wolbers, T. (2013). Maladaptive Bias for Extrahippocampal Navigation Strategies in Aging Humans. *Journal of Neuroscience*, 33(14), 6012–6017. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0717-12.2013>

Yang, Y., Merrill, E. C., & Wang, Q. (2019). Children's response, landmark, and metric strategies in spatial navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 181, 75–101. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.01.005>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

9. Figure captions

Figure 1. Example Trials from the Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks for children and adults.

A) An example of sample and retention trials from Egocentric parts A and B for children and adults (B) An example of sample and retention trials from Allocentric test for children and adults.

Figure 2. Spatial orientation comparison between children and adults.

(A) Mean scores in Egocentric and Allocentric tasks for children and adults. Significant differences were found between adults and children of all age groups in Egocentric part B and Allocentric, while only 5-years-old group scored lower than adults in Egocentric part A. EgoA= Egocentric part A, EgoB= Egocentric part B, Allo= Allocentric, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. (B) Mean scores in Allocentric blocks 1, 2 and 3 for children and adults. Significant differences were observed between adults and 5-years-old children in second block (* $p < 0.001$) and between adults and all groups of children in third block (& $p < 0.05$). In adult group, significant improvement has been found between first and third block (# $p = 0.011$).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

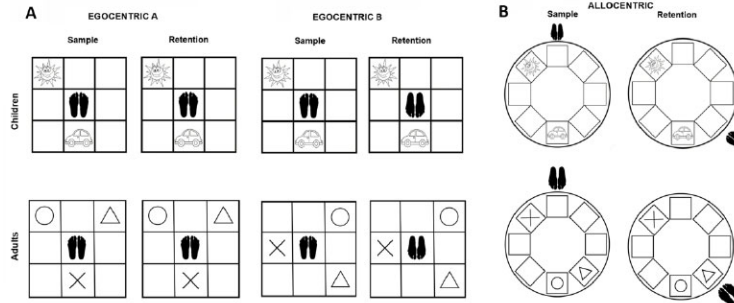


Figure 1. Example Trials from the Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks for children and adults. A) An example of sample and retention trials from Egocentric parts A and B for children and adults (B) An example of sample and retention trials from Allocentric test for children and adults.

140x58mm (600 x 600 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

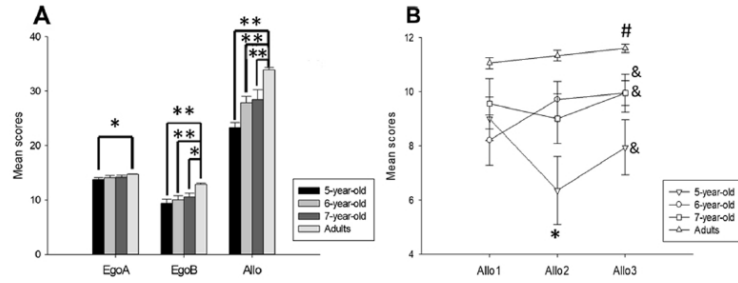


Figure 2. Spatial orientation comparison between children and adults. (A) Mean scores in Egocentric and Allocentric tasks for children and adults. Significant differences were found between adults and children of all age groups in Egocentric part B and Allocentric, while only 5-year-old group scored lower than adults in Egocentric part A. EgoA= Egocentric part A, EgoB= Egocentric part B, Allo= Allocentric, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. (B) Mean scores in Allocentric blocks 1, 2 and 3 for children and adults. Significant differences were observed between adults and 5-years-old children in second block (* $p < 0.001$) and between adults and all groups of children in third block (& $p < 0.05$). In adult group, significant improvement has been found between first and third block (# $p = 0.011$).

157x61mm (600 x 600 DPI)



Research report

Spatial memory assessment reveals age-related differences in egocentric and allocentric memory performance

Cristina Fernandez-Baizan^{a,b}, Jorge L. Arias^{a,b}, Marta Mendez^{a,b,*}

^a Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA), Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain

^b Department of Psychology, University of Oviedo, Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain

ARTICLE INFO

Keywords

egocentric strategy
allocentric strategy
spatial memory
aging
older adults
young adults

ABSTRACT

Humans move through the environment to reach a place mainly using two strategies: egocentric, taking the viewer's position as a point of reference, and allocentric, employing external landmarks in order to create a mental map of the environment. Aging seems to be associated with a deterioration in these functions, and although participants are evaluated with both virtual and real-environment tasks, performance on these two strategies is not frequently compared. Our objective was to evaluate egocentric and allocentric spatial memory in young and older adult populations using three tasks performed in real environments that allow the perception of 3-D information present in our daily orientation and make it possible to analyse each strategy separately. Twenty-eight young adults and 27 older adults performed Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks, the Spatial Span task from CANTAB to assess visuospatial span and visuospatial working memory, and Benton's Judge of Line Orientation Test to measure the ability to establish judgments of spatial relations. Young adults outperformed older adults on spatial memory tasks. The older group improved across allocentric blocks. Young men outperformed older men on both the egocentric and allocentric tasks, whereas young women only achieved better scores than older women on the allocentric task. Our findings support the existence of age-related differences in spatial memory performance.

1. Introduction

Normal aging is related to decreases in several cognitive functions, including spatial orientation: the ability to move through our environment to reach a spatial location goal [1]. This ability involves a large number of cognitive and sensorial processes. It requires processing of visual, proprioceptive, vestibular, and somatosensory information, as well as the ability to encode and remember spatial information and plan movements [1]. This function depends on two types of strategies or frameworks. With the egocentric strategy, we specify locations with respect to our own body [2], following our own movements and perceiving turns, distances, and directions related to our point of view [3]. This ability depends on optic systems and kinaesthetic and vestibular stimuli, finally integrating all this sensorial information with the motor output [2]. With the allocentric strategy, we are able to codify, recall, and recognize landmarks, that is, cues or objects that are located in the environment [4]. This framework is created independently of our point of view, and so allocentric landmarks do not change while the subject is walking through the environment [5]. This configuration also allows us to create mental maps, that is, cognitive representations of our surrounding environment [6] that are made from the representations

of some objects with respect to others, as well as the relationships between these objects and a target object [7]. In our daily lives, we usually use both frameworks. We switch and combine different spatial strategies, depending on the environmental requirements. However, it could be useful to assess egocentric and allocentric strategies separately because neuropsychologists need tasks that can evaluate each framework in order to detect impairments and plan cognitive rehabilitation. Moreover, in regular development, these two frames of reference develop independently and at different times [4]. This could lead us to think that throughout the life cycle and in healthy aging, these two types of spatial memory also follow patterns of worsening at different times. With regard to the evaluation of these frameworks in this population, regular aging seems to be associated with progressive impairment of the allocentric strategy and with switching from the egocentric frame to the allocentric frame, and vice versa [8].

Currently, spatial orientation assessment is performed through virtual reality or computer-based tasks [9–13] as well as real-environment tasks [14–18]. Computer-based tasks use simple environments, like a room or a round maze in which few landmarks are presented [10–12], while more complex virtual environments recreate large spaces, long distances, including complex mazes and several func-

* Corresponding author at: Requests for reprints should be addressed to Marta Mendez, Faculty of Psychology, Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo, Asturias, Spain.
E-mail addresses: fernandezcristina@uniovi.es (C. Fernandez-Baizan), jarias@uniovi.es (J.L. Arias), mendezmarta@uniovi.es (M. Mendez)

<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112646>

Received 12 December 2019; Received in revised form 6 April 2020; Accepted 6 April 2020

Available online xxx
0166-4328/© 2020.

tional landmarks [9,13]. Although virtual environmental tasks have shown great equivalence with real-world navigation in young adult subjects [19], these tasks cannot guarantee that the participant will receive all the signals that are present in orientation (proprioceptive, vestibular, and locomotive signals) [20,21]. Older people are not usually familiar with new technologies, and previous studies in this population have found that navigation skills are impaired if the task is performed virtually, but not when locomotion is allowed [22]. Therefore, on virtual tests, older people tend to more frequently and efficiently use the egocentric framework than the allocentric framework [13,23]. However, these results are not as clear on real tasks. On these kinds of tests, some studies find that the egocentric strategy seems to be preserved in this population [17], whereas others report a decline from the age of 60 [18,24].

In both young and older adult populations, gender-associated differences in spatial memory performance are often found, where men generally perform better than women, executing faster responses and adapting better to possible increases in difficulty [10,12,25,26]. However, it has also been found that this differential performance may depend on many other factors, such as the type of cues available, previous experience and/or training in these skills, familiarity with the environment, etc. [27–30], and the type of information. In this regard, males employ Euclidean information more efficiently than points of reference [31–33], and they perform better using an allocentric strategy than women do [34]. Thus, it seems of vital importance to consider the gender of the participants when analysing the egocentric and allocentric performance.

As mentioned above, the skills of memorizing and moving through our environment are complex and, therefore, involve other spatial-related cognitive functions. Hence, visuospatial skills and visuospatial working memory may influence orientation performance. This has been found in previous studies where egocentric and allocentric performance in young subjects was related to their span and visuospatial working memory [35]. Besides, older people's performance on different types of environment-based tests has been associated with other measures of perception and visuospatial span and working memory [36].

We aimed to assess the egocentric and allocentric spatial frameworks separately in healthy younger and older adults using real world-based tasks, in order to compare age groups and frames of reference, also considering the gender of the participants and trying to relate spatial orientation performance to short-term memory, working memory, and visuospatial abilities. We expected to find worse performance on all the tests in older adults compared to young adults. We assumed that both the egocentric and allocentric frameworks would be impaired in older adults compared to younger adults, but only the older group would obtain lower scores on the allocentric test compared to the egocentric test. We also hypothesised that both young and older women would perform worse on the egocentric and allocentric spatial memory test than men, with greater differences between genders on the allocentric task. Finally, we expected performance on visuospatial short-term memory and working memory, as well as on visuospatial the test, to be related to scores obtained on spatial memory tests.

2. Materials and methods

Participants included 28 young adults (age: 20.21 ± 2.846 , range = 18–28 years, 16 females) and 27 older adults (age: 71.19 ± 6.940 , range = 60–82 years, 16 females). In order to assess general cognitive status, older adults completed the Montreal Cognitive Assessment test (MoCA) [25] (normal ≥ 26), and young adults took the Reynolds Intellectual Screening Test (RIST) [26] for IQ estimation (normal 85–115). Those participants who did not reach the normal range were excluded from the study. Therefore, older adults who finally participated in the study achieved a mean of 27.22 and a standard deviation of 1.601 on the MoCA, whereas young adults obtained a mean

of 100.86 and a standard deviation of 8.231. Other exclusion criteria included circumstances that could affect the performance of the neuropsychological assessment, such as severe visual or hearing impairment, psychological or neurological disorders, and/or cognitive impairment / intellectual disability. All the study procedures were conducted in compliance with the European Community Council Directive 2001/20/EC and the Helsinki Declaration for biomedical research. Young adults were students from the University of Oviedo (Spain), and older adults were recruited from local associations. All the participants volunteered and provided written informed consent.

Assessments include the Allocentric task, the MoCA for older adults, and the RIST for younger adults, followed by Benton's Judge of Line Orientation Test [27], the Spatial Span from the Cambridge Neuropsychological Assessment Battery (CANTAB) [28], and Egocentric Memory tasks. This protocol was applied in the order mentioned, individually and by a trained psychologist, and it lasted approximately 60 minutes.

2.1. Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks

The Egocentric Spatial Memory Task is an adaptation of the Hashimoto test [37] (See Fig. 1A). It assesses the ability to represent spatial placements located around the participant and includes two parts. In Part A, while the participant stood in the centre of a square formed by four opaque panels to avoid access to environmental cues, s/he was asked to remember the position of three cards (triangle, circle, and cross) located in one of the eight locations around him/her. Instructions given to the participant were: "We are going to perform a memory task. I am going to place each of these cards – a square, a circle, and a cross – in some of the squares around you, and you have to remember the location of these three cards; that is, each card should be in its square". The examiner removed the cards after a 10-second delay and asked the subject to put them in their previous position. Thus, Part A of the Egocentric test assesses short-term location memory in an environment that covers the 360 degrees surrounding the participant in a cue-poor room, and it serves as a control for remembering procedural aspects of the task.

In Part B, the participant had to remember the placement of the same three cards, but immediately after the cards had been removed the participant was rotated to the right or left by 90° or 180° and then asked to return the cards to the same placement as before. Instructions for this part were: "Now, we are going to continue with this task. Like before, you have to remember the location of these three cards that I am showing you. However, now I'm going to move you; that is, I'm going to turn you around, and you have to place each card in its square. Like before, each card must go in its place". Thus, in Part B of the Egocentric test, the participant has to, first, be aware of his/her initial position and, second, monitor how it has changed, which involves proprioceptive and vestibular senses, as well as the ability to monitor his/her own turns, all of which are required for an egocentric orientation response. Subjects received 1 point for each card placed correctly on 10 consecutive trials in each part. Therefore, on Parts A and B of the test, the participant could score 30 points on each (60 points in all).

The Allocentric Spatial Memory Test was used to evaluate the ability to represent spatial positions of objects using distal environmental cues placed in a room (See Fig. 1B). The participant was shown a round table with 8 possible locations in a square shape, and s/he was instructed to remember the position of the three previous cards. Instructions for this test were: "Now, on this task, you also have to remember the location of the three previous cards: each must go in its square. After that, I am going to ask you to cover your eyes, and I am going to move you; that is, I'm going to guide you in walking around the template until you reach a new position. Once we get there, you have to remove your mask and put the cards in their place". After 10 seconds, the participant was blind-folded, and the examiner moved him/her around the table to an-

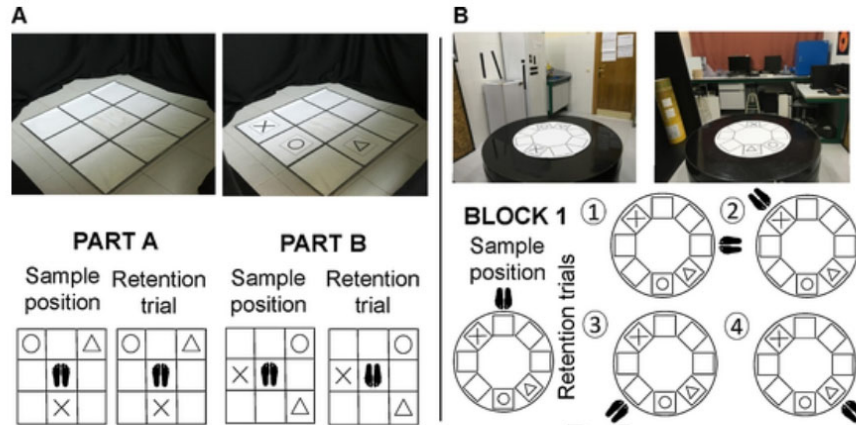


Fig. 1. Experimental setup and example of sample position and retention trials on the Egocentric (A) and Allocentric (B) Spatial Memory Test.

other location. From this new placement, the subject was asked to restore the cards to their previous location. Mistakes were corrected, showing the subject the right position. The test consisted of 5 blocks of 4 trials that were carried out continuously, with no breaks between the different trials and blocks. The location of the cards was the same in each block and repeated across 4 trials, but the subject was moved to a different location in each trial. The participant scored 1 point for each card correctly placed, obtaining a maximum of 12 points in each block and 60 points on the whole test.

2.2. Statistical analysis

After verifying the lack of normal distribution of the data, non-parametric statistics were used. Mann-Whitney tests were employed to compare younger and older participants on Short-term Memory Location, Egocentric orientation, Allocentric orientation, and their blocks (1, 2, 3, 4 and 5), JoLo, and Spatial Span Forward and Backward. In addition, Mann-Whitney tests were conducted to compare age groups by gender on these tasks. Wilcoxon-signed rank test analysis was used to compare the performance on different spatial tasks in each age

group. To do this, the scores on the Egocentric task were transformed to make them equivalent to the Allocentric task (maximum score of 60 points on each task). Friedman repeated measures were conducted to analyse Allocentric blocks in each age group with post-hoc Wilcoxon-signed rank tests with Bonferroni correction (significant results were considered when $p < 0.005$). Spearman correlation analysis was conducted to discover relations between spatial assessment tasks in the two groups.

3. Results

First, we compared the spatial test performance of the age groups. The younger group presented better scores than the older group on Egocentric Part A ($U = 160, p < 0.001, Z = -3.181, r = 0.428$), Egocentric Part B ($U = 250, p = 0.031, Z = -2.196, r = 0.296$), the Allocentric task ($U = 88.5, p < 0.001, Z = -5.150, r = 0.694$), Spatial Span Forward ($U = 30.5, p < 0.001, Z = -5.981, r = 0.806$), and Spatial Span Backward ($U = 81, p < 0.001, Z = -5.108, r = 0.689$). Egocentric Part A, Allocentric, and Spatial Span Forward and Backward showed a large effect size, whereas Egocentric Part B showed a small effect size (See Fig. 2A). Means and standard deviations of both groups on

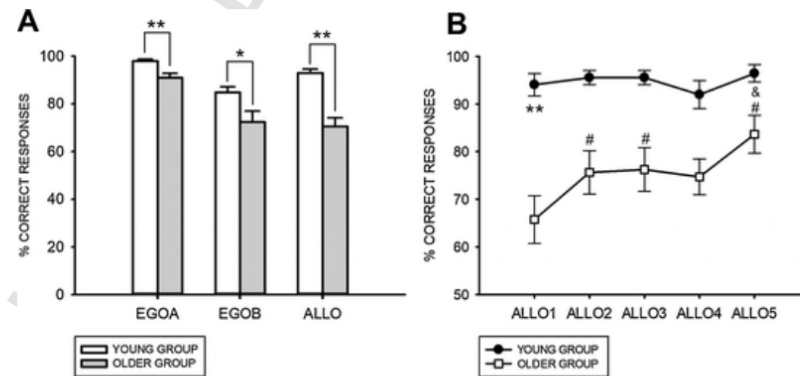


Fig. 2. (A) Percentage of correct responses of Egocentric – part A (EGO A), Egocentric – part B (EGO B) and Allocentric (ALLO) in young and older groups. Significant differences were found between groups in EGO A, EGO B, and ALLO (** $p < 0.001$, * $p = 0.031$). (B) Percentage of correct responses on the Allocentric blocks (ALLO 1, 2, 3, 4 and 5) in young and older groups. Significant differences between younger and older groups were found in the first, second, third, fourth, and fifth blocks (** $p < 0.001$). In the older group greater improvement was found comparing the first block with the second, third and fifth (# $p \leq 0.001$), as well as comparing the fourth with the fifth (& $p = 0.004$).

each test are shown in Table 1. Analysing the performance of the age groups in each of the Allocentric blocks, we observe that young adults outperformed older adults in each Allocentric block: first ($U = 102.5$, $p < 0.001$, $Z = -4.593$, $r = 0.619$), second ($U = 105$, $p < 0.001$, $Z = -4.571$, $r = 0.616$), third ($U = 152$, $p < 0.001$, $Z = -3.983$, $r = 0.537$), fourth ($U = 163$, $p < 0.001$, $Z = -3.729$, $r = 0.502$), and fifth ($U = 232$, $p = 0.003$, $Z = -0.293$, $r = 0.039$). Comparisons showed a large to intermediate effect size, except for the fifth block, which showed a small effect size.

Then, we compared the two frameworks, egocentric and allocentric, in the same age group (Egocentric Part A vs. Part B and Egocentric vs. Allocentric). Higher significant scores were obtained on Egocentric A than Egocentric B in both the younger group ($Z = -3.926$, $p < 0.001$, $r = 0.741$) and the older group ($Z = -3.801$, $p < 0.001$, $r = 0.731$). However, only the younger group showed significantly better scores on the Allocentric test compared to the Egocentric test ($Z = -3.177$, $p = 0.001$, $r = 0.600$). This difference was not found in the older group ($p = 0.639$). All the significant results showed large effect sizes.

We also analysed whether there was a progressive improvement in the different blocks of the Allocentric test, that is, if there was a learning effect in each of the age groups separately. Our data showed significant differences between Allocentric blocks in the older group ($\chi^2_4 = 53.312$, $p < 0.001$, $r = 0.703$), with large effect sizes, but not in the younger group. Post-hoc tests revealed lower scores on the first block compared to the second ($p < 0.001$, $r = 0.484$), third ($p = 0.001$, $r = 0.467$), and fifth ($p = 0.001$, $r = 0.462$) blocks, as well as lower scores on the fourth block compared to the fifth ($p = 0.004$, $r = 0.384$) (See Fig. 2B).

We also compared the differences in spatial memory according to the gender of the participants, that is, young men with older men,

on the one hand, and young women with older women, on the other. Young men outperformed older men on Egocentric Part A ($U = 25.5$, $p = 0.006$, $Z = -2.758$, $r = 0.575$), Egocentric Part B ($U = 18.5$, $p = 0.004$, $Z = -2.948$, $r = 0.614$), and the Allocentric Task ($U = 8$, $p < 0.001$, $Z = -3.599$, $r = 0.750$), whereas young women only obtained higher scores than older women on the Allocentric Task ($U = 31.5$, $p < 0.001$, $Z = -4.033$, $r = 0.713$). All the results showed large effect sizes. We also analysed both genders within each age group, i.e. young men with young women and older men with older women. Thus, young men performed better on the Egocentric B task than young women ($U = 46$, $p = 0.026$, $Z = -2.245$, $r = 0.420$), with an intermediate effect size, but no significant differences were found in the older group (See Fig. 3).

Finally, we analysed the possible associations between the Egocentric and Allocentric test performance in each group, and we compared them with the visuospatial skills and visuospatial working memory and span test scores in each group independently. In the young adult group, we found significant positive correlations between Egocentric B Task and the Backward Spatial Span ($r = 0.596$, $p = 0.001$), and between the Allocentric Task and the Forward ($r = 0.567$, $p = 0.002$) and Backward Spatial Span ($r = 0.488$, $p = 0.008$). In the older adult group, we obtained significant positive correlations between the Allocentric Task and the MoCA ($r = 0.415$, $p = 0.031$), as well as between the Egocentric A Task and Egocentric B ($r = 0.632$; $p < 0.001$) and between the Egocentric B Task and the Allocentric task ($r = 0.550$; $p = 0.003$) (Table 2 and 3).

4. Discussion

Two different tasks were tested to analyse age differences in short-term memory and egocentric and allocentric spatial memory strategies, trying to assess the regular frameworks that are used for orientation in the real world, but performed in a controlled environment.

Non-pathological aging, compared to younger ages, is related to a decrease in spatial memory abilities that is more marked in the allocentric framework, but also present in the egocentric one. Previous literature showed allocentric impairment in healthy older people [17,24,38]. We also found egocentric framework alterations, as in previous studies [18,24], but contrary to others where this frame of reference was not impaired [17] or was preferred [13,23]. We must consider, however, that Gazova et al. [17] evaluated egocentric aspects related to active locomotion, whereas our research focused on coding and updating one's own point of view.

Some of the results found could be due to brain areas involved in both tasks. First, the decline in allocentric performance in healthy aging seems to be related to a lower hippocampal contribution [39],

Table 1

Mean and SD of young and older group in neuropsychological tests.

Neuropsychological tests	Young group Mean (SD)	Older group Mean (SD)
Egocentric – part A	29.39 (1.197)**	27.30 (2.998)
Egocentric – part B	25.46 (3.564)*	21.74 (7.145)
Allocentric	55.75 (5.140)**	42.30 (11.371)
Benton's Judge of Line Orientation	25.43 (6.380)	24.37 (3.553)
Spatial Span Forward	6.68 (1.278)**	4.70 (0.823)
Spatial Span Backward	7.46 (0.922)**	5.15 (0.818)

Significant differences between younger group and older group * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$

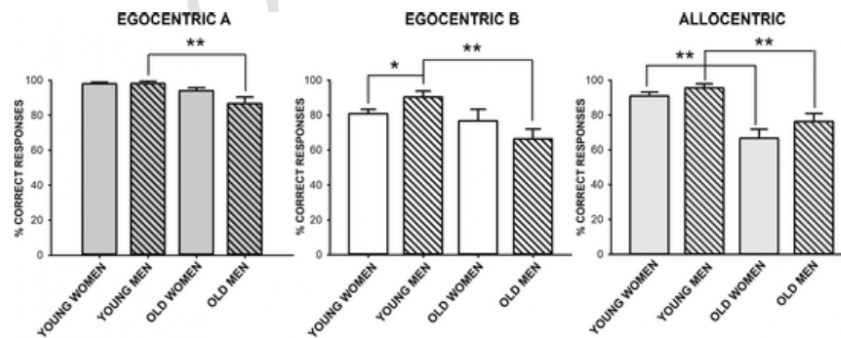


Fig. 3. Gender differences between age groups on Egocentric part A, Egocentric part B, and Allocentric tasks. Significant differences were found between young and old men on every task, whereas young women only outperformed older women significantly on the Allocentric test. Young men obtained better scores than young women on Egocentric part B (* $p < 0.01$, ** $p < 0.05$).

Table 2
Correlation of Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tests with RIST, Spatial Span Forward and Backward, and Benton's Judge of Line Orientation Test in young group

		Egocentric Part A	Egocentric Part B	Allocentric
RIST	Spearman correlation	.169	.177	.330
	p value	.390	.367	.086
Spatial Span Forward	Spearman correlation	-.076	.345	.567**
	p value	.700	.072	.002
Spatial Span Backward	Spearman correlation	.147	.596**	.488**
	p value	.456	.001	.008
Benton's Judge of Line Orientation	Spearman correlation	-.127	.129	.152
	p value	.520	.513	.440
Egocentric Part A	Spearman correlation	1	.147	-.074
	p value		.456	.709
Egocentric Part B	Spearman correlation		1	.429
	p value			.053
Allocentric	Spearman correlation			1
	p value			

RIST Reynolds Intellectual Screening Test. Significant correlations **p < 0.01

Table 3
Correlation of Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tests with MoCA, Spatial Span Forward and Backward, and Benton's Judge of Line Orientation Test in older group

		Egocentric Part A	Egocentric Part B	Allocentric
MoCA	Spearman correlation	.014	.295	.415*
	p value	.944	.135	.031
Spatial Span Forward	Spearman correlation	.043	.219	.264
	p value	.830	.272	.184
Spatial Span Backward	Spearman correlation	.217	.207	.069
	p value	.277	.300	.733
Benton's Judge of Line Orientation	Spearman correlation	-.371	.028	.183
	p value	.057	.891	.360
Egocentric Part A	Spearman correlation	1	.632**	.103
	p value		.000	.608
Egocentric Part B	Spearman correlation		1	.550**
	p value			.003
Allocentric	Spearman correlation			1
	p value			

MoCA Montreal Cognitive Assessment Test. Significant correlations *p < 0.05, **p < 0.01

the main brain area supporting this function. Analysing the neuro-anatomical basis of the egocentric framework, we need to separate tasks that employ movement, including simulated, from those that include rotation. When the egocentric perspective involves simulated locomotion, as other studies measure [13,23], the brain areas involved (right hippocampus, left superior parietal lobe, and right middle and superior temporal gyrus) are different from those that use a rotated point of view (right retrosplenial cortex and superior parietal lobe), as in our task [40]. Thus, the divergence in behavioural outcomes found in

the older population may be due to the different methodologies employed in assessing the egocentric framework that activate different brain areas.

Moreover, differences between young and older groups have been observed in all the allocentric blocks. The performance of the young group hardly improves on the different trials of the Allocentric task because it reaches a ceiling effect almost in the first block, whereas a learning process is observed in the older population. That is, allocentric spatial learning is slower for older people than for young people, but this ability is still preserved, even if this framework is progressively impaired with age. Some aspects of spatial learning have been found to be preserved in the elderly in previous research [17,41]. On the other hand, the ceiling effect found in young people means that this task is too simple for them, and, therefore, increasing the complexity of the procedure for this population may be a line of future research.

We observed that both young and elderly people performed better on Egocentric Part A (the static part of the task) than on Part B (the rotated one). Thus, it seems that both younger and older groups have better location memory than egocentric memory, as previous studies have shown in children [42]. Whereas Part A is more related to the ability to memorize locations in a real-world spatial environment, Part B is related to monitoring position changes and, therefore, to implementing the egocentric framework in daily life, where we do not remain static, but rather our point of view changes throughout the environment. However, it seems logical to think that if a subject is not able to properly solve Egocentric part A (static), which is easier to answer, s/he will hardly be able to execute part B (rotated) correctly. That is, a limited location memory in a real-world-based environment could negatively affect egocentric memory. Our results suggest that there is a deficit in visuospatial working span and memory in this population, and this finding is also observed in the previous literature [43]. Thus, another possible explanation for the lower performance on the Egocentric test that has not been found consistently in previous studies would be that older people are more likely to be affected by a problem in short-term visuospatial memory in real-world settings than by a deterioration in the egocentric strategy per se.

Whereas older people showed similar scores on the Egocentric and the Allocentric tasks, young group performed better on the Allocentric test. These results were not expected because, as we mentioned, other authors found that the egocentric framework is employed more efficiently than the allocentric one in older people to solve spatial tasks [13,23]. Thus, our results may indicate, as we discussed previously, an egocentric impairment or an egocentric alteration associated with a short-term memory alteration. Another possibility is that the older people implemented egocentric reference strategies during the resolution of the Allocentric task. While the participant moves around during the Allocentric test, he/she continues to perceive vestibular, proprioceptive, and other signals, that is, egocentric information. These signals could be used by the subjects, and the joint action of the two sources of information, egocentric and allocentric, in the older people could have improved their allocentric performance. The same arguments can be applied to the better performance of the young group on the Allocentric test. However, other studies generally find a preference for the egocentric framework in young adults [44] when the two sources of information, egocentric and allocentric, are contradictory. However, we assess orientation strategies separately and their information is not contradictory, and so our results could not coincide. At this point, it should also be considered that although both tasks are referred to as spatial memory, the complexity and implications of both tasks are different. In this way, the egocentric task evaluates a simpler form of spatial memory based on real environments, while the allocentric task not only evaluates spatial memory, but also requires updating spatial information based on environmental landmarks.

Regarding gender, whereas older men, compared to young men, obtained worse performance on both strategies, women only obtained lower results on the allocentric strategy. Other studies agree that older women perform worse than younger women, especially in environments with landmarks compared to environments without them [45]. Although during youth young women have been found to perform worse than men in the use of the allocentric [32,46] and egocentric frameworks [35], women seem to be able to preserve the egocentric strategy longer than men in old age. Therefore, there seems to be an effect of gender on spatial orientation during aging, which could be explained by gender-related biological variables. Whereas in women right parietal and right prefrontal areas are involved during spatial navigation, in men the left hippocampal area is usually involved [47]. Thus, women's greater dependence on the parietal cortex, which is another area that participates mainly in the egocentric strategy [48], could explain why egocentric orientation seems to be maintained longer in elderly females. In addition, men's spatial advantage during youth may be related to higher testosterone levels [10]. Therefore, aging-related testosterone decline could be related to the greater loss of spatial skills shown by males compared to females. We mentioned previously that the young group performed better on the allocentric frame than on the egocentric one. However, it is possible that these data are also mediated by gender because it appears that men perform similarly on both types of orientation, but women employ the allocentric strategy rather than the egocentric strategy [35].

As mentioned above, our results show that in comparison with young subjects, older people present lower visuospatial span and lower visuospatial working memory, which is supported by previous studies [43]. These memory differences have been related to contrasting brain activation patterns during these tasks, where older subjects with poorer performance have less prefrontal activation, unlike younger participants [49], as well as a more bilateralised activation pattern involving areas other than prefrontal ones, such as Broca's or the lateral supplementary motor area [50].

We also found that, whereas these visuospatial processes are related to spatial orientation achievement in younger adults; this association does not exist in the elderly. Thus, in young subjects, performance on the Egocentric B task (rotated part) is related to visuospatial working memory, whereas performance on the Allocentric test is associated with both span and visuospatial working memory, but the assessment of visuospatial skills, specifically line orientation judgment, does not seem to be related to egocentric and allocentric memory performance. Different single case studies with topographic disorientation, which may present varied symptoms but have spatial navigation difficulties in common, show that there is a dissociation between span and visuospatial working memory, as well as with different types of visuo-perceptive skills, obtaining normative values on these tasks [51–53]. However, studies in other neurological populations with visuospatial impairment, such as neglect [54] or temporal lobe epilepsy [55], have found that, in most cases, there is impairment in both spatial memory in large-scale environments and visuospatial working memory and span. Likewise, other studies with brain-injured patients show the involvement in visuospatial working memory of areas such as the posterior parietal cortex or the hippocampus [56], which, as we mentioned, are involved in egocentric and allocentric memory tasks. We have also stated that these areas decline in healthy aging, and so it is possible that these associations between space functions are only found in young people. Given these clinical data, it is not surprising that egocentric and allocentric memory skills are associated with other visuospatial abilities in healthy subjects as well. In a healthy population, it seems that these abilities have not been compared, but their performance on span has been compared, that is, how many items the subject is able to remember, either in a close peri-personal space, as occurs with span and work-

ing memory, or in a larger environment, as on navigational tasks. Thus, some studies suggest that young men may have better navigational span than classically measured span in an environment closer to the individual, with no difference in women [21], young or old [45]. To sum up, it can be expected that the execution of memory tasks in large environments is related to working memory and span capacities, based on the brain areas involved, and there may also be some influence of gender.

On the other hand, we found that allocentric performance is related to the general cognitive state only in older people. The Allocentric framework is altered early in amnesic-subtype mild cognitive impairment [57], and it has even been postulated that an early deterioration in this strategy could predict an increased risk of further development of dementia [58]. If this allocentric - general cognitive index association could also be established in populations with cognitive impairment, it would be interesting to include allocentric strategy evaluation in standard neuropsychological assessments when cognitive impairment is suspected. Moreover, only in the older group were the spatial memory task results related to each other. Thus, the execution of Egocentric part A (static) is associated with Part B (rotated), and the performance on Egocentric part B (rotated) and the Allocentric task is also associated. These results point out that, on the one hand, in a healthy young population these tasks assess dissociated abilities; that is, achievement on one of the tests does not seem to influence the others. On the other hand, it would also seem that the older group could employ more than one spatial ability when performing the tests. Thus, as mentioned above, it is possible that problems with visuospatial location memory could impair the performance on self-centred memory with a rotated point of view. In addition, we have also pointed out that some egocentric information could be used during the Allocentric test, which, according to these results, seems to occur in this older group. This noted association between Egocentric B (rotated) and Allocentric performance could also explain why we have not found differences between these two frameworks in the elderly. That is, if the older group also used egocentric information, presumably more preserved in advanced ages, for Allocentric test resolution, differences in performance on Egocentric B and the Allocentric test might not have been marked enough to detect a significant difference. However, based on our current data, it is difficult to establish how far the influence of egocentric cues during Allocentric performance could have affected the result in the older group, and so more research on this topic would be necessary to address this issue.

5. Conclusions

In sum, egocentric and allocentric spatial memory ability is impaired in older adults compared to young adults. Despite this progressive deterioration, it should be noted that older adults are still able to improve their allocentric performance because their ability to learn spatial locations is preserved. Older adults show similar performance on allocentric and egocentric frames of reference, probably due to alterations in short-term visuospatial memory that may, in turn, increase errors on the egocentric task. Egocentric spatial memory seems to be maintained longer in elderly females compared to men. Thus, Egocentric and Allocentric Spatial Memory Tasks reveal age-related differences in spatial memory performance.

Funding sources

This work was supported by Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación Del Gobierno de España under Projects [PSI2017-83893-R, PSI2015-73111-EXP and PSI2017-90806-REDT], and by Programa "Severo Ochoa" de Ayudas Predoctorales de la Consejería de Cultura y Deporte del Principado de Asturias under Grant [PA-17-PF-BP16090].

Declaration of Competing Interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

CRediT authorship contribution statement

Cristina Fernandez-Baizan: Investigation, Data curation, Formal analysis, Writing -original draft, Visualization. **Jorge L. Arias:** Funding acquisition, Resources. **Marta Mendez:** Conceptualization, Methodology, Supervision, Project administration, Funding acquisition, Writing - review & editing.

References

- [1] F Chersi, N Burgess, The Cognitive Architecture of Spatial Navigation: Hippocampal and Striatal Contributions, *Neuron*. 88 (2015) 64–77, doi:10.1016/j.neuron.2015.09.021.
- [2] N Burgess, Spatial cognition and the brain, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1124 (2008) 77–97, doi:10.1196/annals.1440.002.
- [3] J Sluzenski, N S Newcombe, E Satlow, Knowing where things are in the second year of life: implications for hippocampal development, *J. Cogn. Neurosci.* 16 (2004) 1443–1451, doi:10.1162/0899929042304804.
- [4] C Fernandez-Baizan, J L Arias, M Mendez, Spatial orientation assessment in preschool children: Egocentric and allocentric frameworks, *Appl. Neuropsychol. Child.* (2019) 1–23, doi:10.1080/21622965.2019.1630278.
- [5] N Burgess, E A Maguire, J O Keefe, The human hippocampus and spatial and episodic memory, *Neuron*. 35 (2002) 625–641, doi:10.1016/S0896-6273(02)00830-9.
- [6] J O Keefe, Lynn Nadel, *The hippocampus as a cognitive map*, Clarendon Press, Oxford, 1978.
- [7] H Zhang, W Mou, T McNamara, Spatial updating according to a fixed reference direction of a briefly viewed layout, *Cognition*. 199 (2011) 419–429, doi:10.1038/nrn.2010.371.
- [8] D Colombo, S Serino, C Tuena, E Pedrolì, A Dakanalis, P Cipresso, G Riva, Egocentric and allocentric spatial reference frames in aging: A systematic review, *Neurosci. Biobehav. Rev.* 80 (2017) 605–621, doi:10.1016/j.neubiorev.2017.07.012.
- [9] V D Bohbot, S McKenzie, K Konishi, C Fouquet, V Kurdi, R Schachar, M Boivin, P Robaey, Virtual navigation strategies from childhood to senescence: Evidence for changes across the life span, *Front. Aging Neurosci.* 4 (2012) 1–10, doi:10.3389/fnagi.2012.00028.
- [10] I Driscoll, D A Hamilton, R A Yeo, W M Brooks, R J Sutherland, Virtual navigation in humans: The impact of age, sex, and hormones on place learning, *Horm. Behav.* 47 (2005) 326–335, doi:10.1016/j.yhbeh.2004.11.013.
- [11] L E Korthauer, N T Nowak, S D Moffat, Y An, L M Rowland, P B Barker, S M Resnick, I Driscoll, Correlates of virtual navigation performance in older adults, *Neurobiol. Aging*. 39 (2016) 118–127, doi:10.1016/j.neurobiolaging.2015.12.003.
- [12] I León, L Tascón, J M Cimadevilla, Age and gender-related differences in a spatial memory task in humans, *Behav. Brain Res.* 306 (2016) 8–12, doi:10.1016/j.bbr.2016.03.008.
- [13] J M Wiener, O de Condappa, M A Harris, T Wolbers, Maladaptive Bias for Extrahippocampal Navigation Strategies in Aging Humans, *J. Neurosci.* 33 (2013) 6012–6017, doi:10.1523/JNEUROSCI.0717-12.2013.
- [14] J Barrash, Age-related decline in route learning ability, *Dev. Neuropsychol.* 10 (1994) 189–201, doi:10.1080/87565649409540578.
- [15] P D Lipman, Age and exposure differences in acquisition of route information, *Psychol. Aging*. 6 (1991) 128–133, doi:10.1037/0882-7974.6.1.128.
- [16] S M Wilkins, D L Korol, P E Gold, M G Jones, C A Manning, Age-related differences in an ecologically based study of route learning, *Psychol. Aging*. 12 (1997) 372–375, doi:10.1037/0882-7974.12.2.372.
- [17] I Gazova, J Laczó, E Rubinova, I Mokrisova, E Hyncicova, R Andel, M Vyhmalek, K Sheardova, E J Coulson, J Hort, Spatial navigation in young versus older adults, *Front. Aging Neurosci.* 5 (2013) 1–8, doi:10.3389/fnagi.2013.00094.
- [18] C Fernandez-Baizan, E Diaz-Caceres, J L Arias, M Mendez, Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: Performance on real-world tasks, *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 52 (2019) 1–7, doi:10.1590/1414-431x20198041.
- [19] A Coutrot, S Schmidt, J Pittman, L Hong, J M Wiener, C Holscher, R C Dalton, M Hornberger, H J Spiers, Virtual navigation tested on a mobile app (Sea Hero Quest) is predictive of real-world navigation performance: preliminary data, *PLoS One*. (2018) 1–15, doi:10.1371/journal.pone.0213272.
- [20] P Banta Lavenex, S Lecci, V Pretre, C Brandner, C Mazza, J Pasquier, P Lavenex, As the world turns: Short-term human spatial memory in egocentric and allocentric coordinates, *Behav. Brain Res.* 219 (2011) 132–141, doi:10.1016/j.bbr.2010.12.035.
- [21] L Piccardi, G Iaria, M Ricci, F Bianchini, L Zompanti, C Guariglia, Walking in the Corsi test: Which type of memory do you need?, *Neurosci. Lett.* 432 (2008) 127–131, doi:10.1016/j.neulet.2007.12.044.
- [22] D E Adamo, E M Briceno, J A Sindone, N B Alexander, S D Moffat, Age differences in virtual environment and real world path integration, *Front. Aging Neurosci.* 4 (2012) 1–9, doi:10.3389/fnagi.2012.00026.
- [23] M K Rodgers, J A Sindone III, S D Moffat, Effects of age on navigation strategy, *Neurobiol. Aging*. 33 (2012) 202 e15–202 e22, doi:10.1016/j.neurobiolaging.2010.07.021.
- [24] G Ruggiero, O D'Errico, T Iachini, Development of egocentric and allocentric spatial representations from childhood to elderly age, *Psychol. Res.* 80 (2016) 259–272, doi:10.1007/s00426-015-0658-9.
- [25] J Persson, A Herlitz, J Engman, A Morell, D Sjölie, J Wikström, H Söderlund, Remembering our origin: Gender differences in spatial memory are reflected in gender differences in hippocampal lateralization, *Behav. Brain Res.* 256 (2013) 219–228, doi:10.1016/j.bbr.2013.07.050.
- [26] B J Piper, S F Acevedo, K R Edwards, A B Curtis, G J McGinnis, J Raber, Age, sex, and handedness differentially contribute to neurospatial function on the Memory Island and Novel-Image Novel-Location tests, *Physiol. Behav.* 103 (2011) 513–522, doi:10.1016/j.physbeh.2011.03.024.
- [27] P Banta Lavenex, P Lavenex, Spatial relational learning and memory abilities do not differ between men and women in a real-world, open-field environment, *Behav. Brain Res.* 207 (2010) 125–137, doi:10.1016/j.bbr.2009.09.046.
- [28] M de Goede, A Postma, Learning your way in a city: Experience and gender differences in configurational knowledge of one's environment, *Front. Psychol.* 6 (2015) 1–9, doi:10.3389/fpsyg.2015.00402.
- [29] R Nori, L Piccardi, A Maialelli, M Goro, A Rossetti, O Argento, C Guariglia, No gender differences in egocentric and allocentric environmental transformation after compensating for male advantage by manipulating familiarity, *Front. Neurosci.* 12 (2018) 1–9, doi:10.3389/fnins.2018.00204.
- [30] P Verde, L Piccardi, F Bianchini, C Guariglia, P Carozzo, F Morgagni, M Boccia, G Di Fiore, E Tomao, Gender differences in navigational memory: pilots vs. nonpilots, *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 86 (2015) 103–111, doi:10.3357/AMHP.4024.2015.
- [31] J M Dabbs, E L Chang, R A Strong, R Milun, Spatial Ability, Navigation Strategy, and Geographic Knowledge Among Men and Women, *Evol. Hum. Behav.* 19 (1998) 89–98, doi:10.1016/S1090-5138(97)00107-4.
- [32] D M Saucier, D M Saucier, S M Green, J Leason, A Macfadden, S Bell, L J Elias, Are Sex Differences in Navigation Caused by Sexually Dimorphic Strategies or by Differences in the Ability to Use the Strategies?, *Behav. Neurosci.* 116 (2002) 403–410, doi:10.1037//0735-7044.116.3.403.
- [33] D S Shah, J Prados, J Gamble, C De Lillo, C L Gibson, Sex differences in spatial memory using serial and search tasks, *Behav. Brain Res.* 257 (2013) 90–99, doi:10.1016/j.bbr.2013.09.027.
- [34] D J H van Gerven, A N Schneider, D M Wuitchik, R W Skelton, Direct measurement of spontaneous strategy selection in a virtual morris water maze shows females choose an allocentric strategy at least as often as males do, *Behav. Neurosci.* 126 (2012) 465–478, doi:10.1037/a0027992.
- [35] C Fernandez-Baizan, J L Arias, M Mendez, Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance, *Behav. Brain Res.* 359 (2019) 694–700, doi:10.1016/j.bbr.2018.09.017.
- [36] M Mitolo, S Gardini, P Caffara, L Ronconi, A Venneri, F Pazzaglia, Relationship between spatial ability, visuospatial working memory and self-assessed spatial orientation ability: a study in older adults, *Cogn. Process.* 16 (2015) 165–176, doi:10.1007/s10339-015-0647-3.
- [37] R Hashimoto, Y Tanaka, I Nakano, Heading disorientation: A new test and a possible underlying mechanism, *Eur. Neurol.* 63 (2010) 87–93, doi:10.1159/000276398.
- [38] D G Woolley, B Vermaercke, H O de Beeck, J Wagemans, I Gantois, R D'Hooge, S P Swinnen, N Wenderoth, Sex differences in human virtual water maze performance: Novel measures reveal the relative contribution of directional responding and spatial knowledge, *Behav. Brain Res.* 208 (2010) 408–414, doi:10.1016/j.bbr.2009.12.019.
- [39] S D Moffat, Aging and spatial navigation: What do we know and where do we go?, *Neuropsychol. Rev.* 19 (2009) 478–489, doi:10.1007/s11065-009-9120-3.
- [40] A Gomez, M Cerles, S Rousset, C Remy, M Baciu, Differential hippocampal and retrosplenial involvement in egocentric-updating, rotation, and allocentric processing during online spatial encoding: an fMRI study, *Front. Hum. Neurosci.* 8 (2014) 1–14, doi:10.3389/fnhum.2014.00150.
- [41] V Muffato, C Meneghetti, R De Beni, Not all is lost in older adults' route learning: The role of visuo-spatial abilities and type of task, *J. Environ. Psychol.* 47 (2016) 230–241, doi:10.1016/j.jenvp.2016.07.003.
- [42] K M Vander Heyden, M Huizinga, M E J Rajmakers, J Jolles, Children's representations of another person's spatial perspective: Different strategies for different viewpoints?, *J. Exp. Child Psychol.* 153 (2017) 57–73, doi:10.1016/j.jecp.2016.09.001.
- [43] T Iachini, A Iavarone, V Senese, F Rutolo, G Ruggiero, Visuospatial Memory in Healthy Elderly, AD and MCI: A Review, *Curr. Aging Sci.* 2 (2009) 43–59, doi:10.2174/1874612810902010043.
- [44] Q Hu, Y Yang, Z Huang, Y Shao, Children and adults prefer the egocentric representation to the allocentric representation, *Front. Psychol.* 9 (2018) 1–7, doi:10.3389/fpsyg.2018.01522.
- [45] A Perrochon, S Mandigout, S Petruzzelli, N Soria Garcia, M Zaoui, A Berthoz, J C Daviet, The influence of age in women in visuo-spatial memory in reaching and navigation tasks with and without landmarks, *Neurosci. Lett.* 684 (2018) 13–17, doi:10.1016/j.neulet.2018.06.054.
- [46] R S Astur, M L Ortiz, R J Sutherland, A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: a large and reliable sex difference, *Behav. Brain Res.* 93 (1998) 185–190, doi:10.1016/S0166-4328(98)00019-9.
- [47] G Grön, A P Wunderlich, G Grön, A P Wunderlich, M Spitzer, R Tomczak, M W Riepe, Brain activation during human navigation: Gender-different neural networks as substrate of performance, *Nat. Neurosci.* 3 (2000) 404–408, doi:10.1038/73980.
- [48] A Saj, Y Cojan, B Musel, J Honoré, L Borel, P Vuilleumier, Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation, *Neurophysiol. Clin.* 44 (2014) 33–40, doi:10.1016/j.neucli.2013.10.135.
- [49] I E Nagel, C Preuschhof, S-C Li, L Nyberg, L Bäckman, U Lindenberger, H R Heekeren, Performance level modulates adult age differences in brain

- activation during spatial working memory, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 106 (2009) 22552–22557, doi:10.1073/pnas.0908238106.
- [50] P A Reuter-Lorenz, J Jonides, E E Smith, A Hartley, A Miller, C Marshuetz, R A Koeppel, Age differences in the frontal lateralizations of verbal and spatial working memory revealed by PET, *J. Cogn. Neurosci.* 12 (2000) 174–187.
- [51] M Conson, F Bianchini, M Quarantelli, S Salzano, A Di Vita, C Guariglia, M Conson, F Bianchini, M Quarantelli, Selective map-following navigation deficit: A new case of developmental topographical disorientation, *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* (2018) 1–11, doi:10.1080/13803395.2018.1451493.
- [52] G K Aguirre, M D Espósito, Topographical disorientation: a synthesis and taxonomy, *Brain.* 122 (1999) 1613–1628.
- [53] F Nemmi, F Bianchini, F Piras, P Pérán, L Palermo, L Piccardi, U Sabatini, C Guariglia, Finding my own way: an fMRI single case study of a subject with developmental topographical disorientation, *Neurocase Neural Basis Cogn.* 21 (2015) 573–583, doi:10.1080/13554794.2014.960424.
- [54] A De Nigris, L Piccardi, F Bianchini, L Palermo, C Incoccia, C Guariglia, Role of visuo-spatial working memory in path integration disorders in neglect, *Cortex.* 49 (2013) 920–930, doi:10.1016/j.cortex.2012.03.009.
- [55] L Piccardi, A Berthoz, M Baulac, M Denos, S Dupont, S Samson, C Guariglia, Different spatial memory systems are involved in small-and large-scale environments: Evidence from patients with temporal lobe epilepsy, *Exp. Brain Res.* 206 (2010) 171–177, doi:10.1007/s00221-010-2234-2.
- [56] M van Asselen, R P C Kessels, S F W Neggers, L J Kappelle, C J M Frijns, A Postma, Brain areas involved in spatial working memory, *Neuropsychologia.* 44 (2006) 1185–1194, doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.005.
- [57] J Hort, J Laczó, M Vyhnaček, M Bojar, J Bures, K Vlcek, Spatial navigation deficit in amnesic mild cognitive impairment, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104 (2007) 4042–4047, doi:10.1073/pnas.0611314104.
- [58] R A Wood, K K Moodley, C Lever, L Minati, D Chan, Allocentric spatial memory testing predicts conversion from mild cognitive impairment to dementia: An initial proof-of-concept study, *Front. Neurol.* 7 (2016), doi:10.3389/fneur.2016.00215.

Fwd: Decision on submission to Behavioural Brain Research

De: em.bbres.0.6a71d1.4855b7e5@editorialmanager.com
<em.bbres.0.6a71d1.4855b7e5@editorialmanager.com> en nombre de Behavioural Brain Research
<em@editorialmanager.com>

Enviado: martes, abril 7, 2020 1:21 a. m.

Para: MARTA MENDEZ LOPEZ

Asunto: Decision on submission to Behavioural Brain Research

Manuscript Number: BBR_2019_1595R2

Spatial memory assessment reveals age-related differences in egocentric and allocentric memory performance

Dear Dr Mendez,

Thank you for submitting your manuscript to Behavioural Brain Research.

I am pleased to inform you that your manuscript has been accepted for publication.

My comments, and any reviewer comments, are below.

Your accepted manuscript will now be transferred to our production department. We will create a proof which you will be asked to check, and you will also be asked to complete a number of online forms required for publication. If we need additional information from you during the production process, we will contact you directly.

We appreciate you submitting your manuscript to Behavioural Brain Research and hope you will consider us again for future submissions.

Kind regards,
Bronwyn Graham
Associate Editor

Behavioural Brain Research

Editor and Reviewer comments:

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/bbres/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

9. Anexos

Anexo 1.

Fecha: _____

Nombre: _____

Código: _____

Bebe-mnemo I: Reconocimiento de objetos

Rodear los juguetes seleccionados: (al menos 3)

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------

	Presentado 1 vez	Reconocido entre 2 juguetes	Reconocido entre 3 juguetes
Niño			
Camión			
Mickey			
Conejo			
Vaca			
Niña			
Gato			
Coche			

Fase superada:

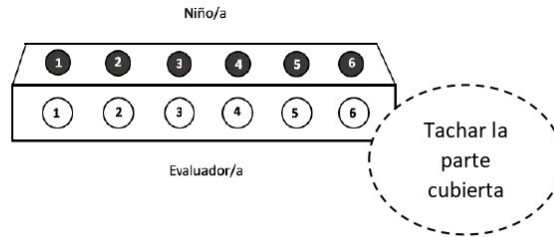
- 1 juguete reconocido entre 3 juguetes

Anexo 2.

Bebe-mnemo II: Entrenamiento + Recuerdo de localización I

Rodear el juguete y la ubicación elegidos

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------



Entrenamiento

Ejemplo 1	<i>Sin puntuación</i>	Ejemplo 5	0 1
Ejemplo 2	0 1	Ejemplo 6	0 1
Ejemplo 3	0 1	Ejemplo 7	0 1
Ejemplo 4	0 1	Ejemplo 8	0 1

Fase superada:
2 ejemplos consecutivos correctos

Recuerdo de localización

		Localización error
Ensayo 1	0 1	
Ensayo 2	0 1	
Ensayo 3	0 1	
Ensayo 4	0 1	
Total	/4	
% Acierto		
Prob. acierto		

Fase superada:
2/4 ensayos correctos.
Se pasa a "Demora".

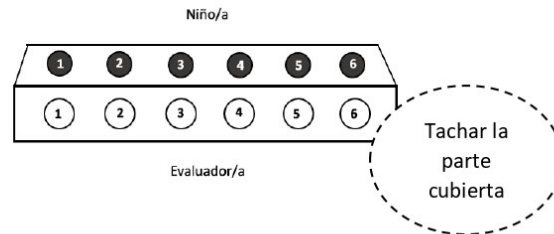
Fase NO superada:
Intercalar otras tareas y pasar a "Ensayo + Recuerdo localización II".

Anexo 3.

Bebe-mnemo II: Entrenamiento + Recuerdo de localización II

Rodear el juguete y la ubicación elegidos

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------



Entrenamiento

Ejemplo 1	<i>Sin puntuación</i>	Ejemplo 5	0 1
Ejemplo 2	0 1	Ejemplo 6	0 1
Ejemplo 3	0 1	Ejemplo 7	0 1
Ejemplo 4	0 1	Ejemplo 8	0 1

Fase superada:
2 ejemplos consecutivos correctos

Recuerdo de localización

		Localización error
Ensayo 1	0 1	
Ensayo 2	0 1	
Ensayo 3	0 1	
Ensayo 4	0 1	
Total	/4	

% Acierto	
Prob. acierto	

Fase superada:

2/4 ensayos correctos.
Se pasa a "Demora".

Fase NO superada:

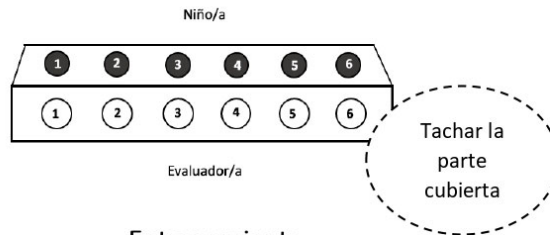
Intercalar otras tareas y pasar a "Ensayo + Recuerdo localización III".

Anexo 4.

Bebe-mnemo II: Entrenamiento + Recuerdo de localización III

Rodear el juguete y la ubicación elegidos

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------



Entrenamiento

Ejemplo 1	<i>Sin puntuación</i>	Ejemplo 5	0 1
Ejemplo 2	0 1	Ejemplo 6	0 1
Ejemplo 3	0 1	Ejemplo 7	0 1
Ejemplo 4	0 1	Ejemplo 8	0 1

Fase superada:
2 ejemplos consecutivos correctos

Recuerdo de localización

		Localización error
Ensayo 1	0 1	
Ensayo 2	0 1	
Ensayo 3	0 1	
Ensayo 4	0 1	
Total	/4	

Fase superada:

2/4 ensayos correctos.
Se pasa a "Demora".

Fase NO superada:

Finalizar Bebé-mnemo.

% Acierto	
Prob. acierto	

Anexo 5.

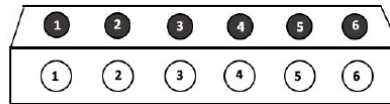
Bebe-mnemo III. Demora

Rodear el juguete y la ubicación elegidos

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------

Niño/a

Tachar la parte cubierta



Evaluador/a

Aplicar 2º intento con la misma demora si recibe 0 en el primer intento



		Primer intento	Segundo intento			Primer intento	Segundo intento
1.	+2"	0 1	0 1	11.	+2"	0 1	0 1
2.	+2"	0 1	0 1	12.	+2"	0 1	0 1
3.	+2"	0 1	0 1	13.	+2"	0 1	0 1
4.	+2"	0 1	0 1	14.	+2"	0 1	0 1
5.	+2"	0 1	0 1	15.	+2"	0 1	0 1
6.	+2"	0 1	0 1	16.	+2"	0 1	0 1
7.	+2"	0 1	0 1	17.	+2"	0 1	0 1
8.	+2"	0 1	0 1	18.	+2"	0 1	0 1
9.	+2"	0 1	0 1	19.	+2"	0 1	0 1
10.	+2"	0 1	0 1	20.	+2"	0 1	0 1
Tiempo máximo de demora tolerado							

Se pasa a "Actualización" con cualquier demora tolerada

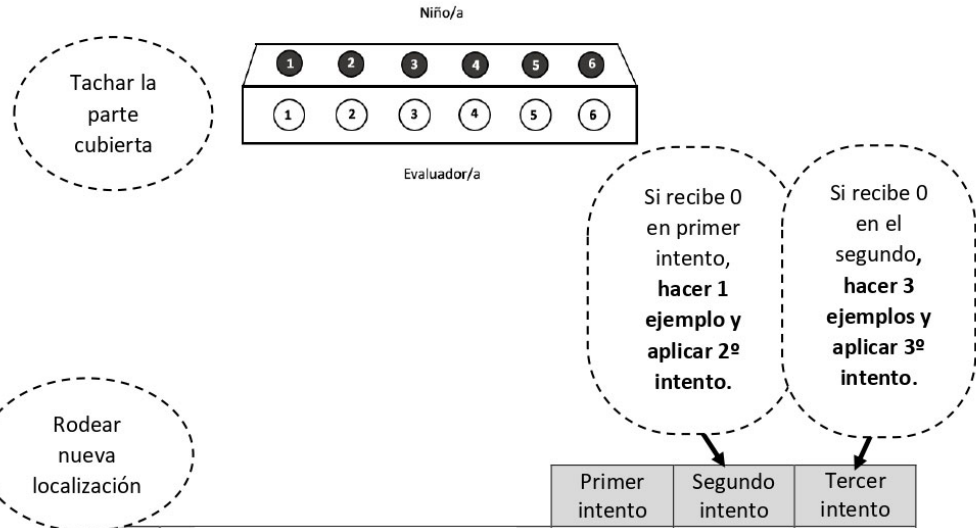
Parada:
0 puntos en 2 ensayos con los mismos segundos de demora

Anexo 6.

Bebe-mnemo IV. Actualización

Rodear el juguete y la ubicación inicial elegidos

Niño	Camión	Mickey	Conejo	Vaca	Niña	Gato	Coche
------	--------	--------	--------	------	------	------	-------



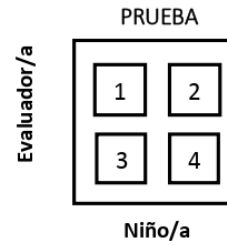
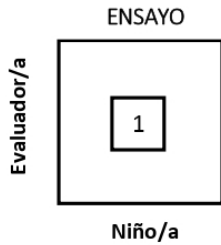
		Primer intento	Segundo intento	Tercer intento
1.		0 1	0 1	0 1
2.		0 1	0 1	0 1
3.		0 1	0 1	0 1
Nº de cambios recordados por cada intento		/3	/3	/3
% aciertos				
Prob. aciertos				

Anexo 7.

Fecha: _____

Nombre: _____

Hide and seek (Tarea de las Cajas) I



Demora:

- 12 meses: comenzar por 4"
- 15 meses: comenzar por 6"
- 18 meses: comenzar por 10"

FASE 1. ENSAYO			
1.	0 1	2.	0 1

FASE 2. PRUEBA							
Retención de información				Actualización de información			
		Nº errores	Puntos			Nº errores	Puntos
1.		0	4	3.		0	4
		1	3			1	3
		2	2			2	2
		3	1			3	1
		4	0			4	0
2.		0	4	4.		0	4
		1	3			1	3
		2	2			2	2
		3	1			3	1
		4	0			4	0

Puntuación Retención	/8	/8	Puntuación Actualización	/8	/8
	%	Prob		%	Prob

Puntuación total	Errores	/16	Puntos	/16
		%		%
		Prob		Prob

Anexo 8.

Evaluación de la memoria espacial a edades tempranas: uso de estrategias egocéntricas y allocéntricas

Objetivo del estudio

El interés en cómo los niños y las niñas van adquiriendo sus diferentes funciones cognitivas con los años es cada vez mayor. Entendemos por **funciones cognitivas** aquellos procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea y desenvolvemos en el mundo. Estas funciones cognitivas van mejorando y volviéndose más complejas a medida que el cerebro del niño y de la niña va madurando. Sin embargo, aunque el desarrollo de algunas de estas funciones cognitivas han sido muy estudiadas, de otras todavía no se tiene mucha información y aún menos si nos referimos a edades muy tempranas, por debajo de los 2 años. Una de ellas es la **memoria a corto plazo o memoria de trabajo espacial**, que se trata de una capacidad que nos permite retener durante un breve periodo de tiempo las características visuales y espaciales de los objetos y del ambiente. Se trata de una habilidad previa a otras más complejas, como el aprendizaje a largo plazo o la orientación espacial. Aún existen pocos datos sobre cómo funciona esta capacidad por debajo de los 2 años y sobre cómo va evolucionando a lo largo de la primera infancia, de modo que uno de nuestros objetivos es **conocer el desarrollo evolutivo de la memoria corto plazo espacial en primera infancia** (12, 15, 18 y 22 meses). Esta investigación tiene como finalidad última ayudar a niños y niñas con problemas en el desarrollo, como la prematuridad, condición en la que existe riesgo de padecer déficits cognitivos con los años. Así, nuestro segundo objetivo es **comprobar cómo evoluciona la memoria espacial en bebés prematuros** (por debajo de las 37 semanas de gestación) **y si existen diferencias en comparación con los nacidos a término** (igual o por encima de las 37 semanas).

Procedimiento

Para el estudio es necesario la aplicación de pruebas neuropsicológicas a los niños y a las niñas, así como la cumplimentación de algunos cuestionarios por parte del padre, la madre o el/la tutor/a legal.

En cuanto a la **valoración neuropsicológica**, se precisarán de **una sesión de 60 minutos** aproximadamente, en la que se incluirán los descansos necesarios según el nivel de atención y colaboración del niño o la niña. Se trata de tareas adecuadas para su momento evolutivo y se plantean siempre como una actividad lúdica o un juego, para favorecer su atención y colaboración.

Por otra parte, los **cuestionarios para madres y padres** se harán **llegar al propio domicilio a través de carta o a través de mail**. El objetivo de estos cuestionarios es complementar la información obtenida a través de la valoración neuropsicológica, así como recabar otros datos sociodemográficos interesantes para el estudio. Así, el padre, la madre o ambos deberán cumplimentar **2 cuestionarios**, en un tiempo total estimado de entre **5 y 10 minutos**.

Quién puede participar

Para nuestro estudio, precisamos de dos grupos. Por un lado, **niños y niñas de 12, 15, 18 y 22 meses**, nacidos de la semana 37 de gestación en adelante (**a término**), y **con un desarrollo cognitivo normalizado, sin haber sufrido enfermedades o eventos traumáticos de origen neurológico**, como alteraciones del neurodesarrollo, condiciones peri y neonatales con afectación neurológica, epilepsias infantiles, tumores del sistema nervioso, enfermedades neurológicas de tipo infeccioso, enfermedades cerebrovasculares (ictus) o traumatismos craneoencefálicos.

Derecho a abandono, riesgos y beneficios

La participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Se puede retirar del estudio sin ningún tipo de consecuencia y sin tener que dar ninguna explicación.

Los riesgos y molestias para esta investigación son nulos, ya que la aplicación de pruebas neuropsicológicas y la cumplimentación de los cuestionarios no entrañan ningún peligro.

Los beneficios obtenidos de esta investigación, aparte de la propia contribución con la ciencia y con el propósito de este estudio, que es conocer y favorecer el desarrollo cognitivo infantil, es la **recepción de un informe de investigación** en el cual se expondrán los resultados obtenidos por el niño o la niña. No existe ningún tipo de compensación económica por la participación en el estudio, aunque tampoco implica ningún coste.

Confidencialidad y protección de datos

Los datos personales de los participantes serán completamente anónimos. Los resultados globales de la investigación pueden ser publicados en congresos o publicaciones científicas, pero se hará de forma que nadie sea capaz de identificar a ninguno de los participantes del estudio. **El almacenamiento y custodia de los datos recogidos se hará de acuerdo a la Ley Orgánica 15/1999.**

Persona de contacto

Para cualquier duda o consulta que pueda surgir tanto previamente a la aceptación, así como durante el trascurso del estudio, pueden contactar con:

Investigadora principal: Marta Méndez López, Profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo y secretaria e investigadora del Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA) (mendezlmarta@uniovi.es)

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán, Psicóloga general sanitaria, Neuropsicóloga e investigadora predoctoral en la Universidad de Oviedo (fernandezbcristina@uniovi.es)

Anexo 9.

HOJA DE INFORMACION PARA MADRES, PADRES Y TUTORES

Nos ponemos en contacto con usted para solicitar la participación de su hijo/a en este proyecto de investigación cuyo objetivo principal es profundizar en el desarrollo evolutivo de la memoria a corto plazo espacial en una población prematura. Los detalles se exponen a continuación:

Proyecto de investigación: “Evaluación de la memoria espacial a edades tempranas: uso de estrategias egocéntricas y alocéntricas”

Promotor del estudio:

Departamento de Psicología e Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA). Universidad de Oviedo.

Servicio de Neonatología del Hospital Universitario Central de Asturias.

Investigador principal del estudio: Dra. Marta Méndez López (Profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo)

Co-investigadores: Cristina Fernández Baizán (Neuropsicóloga)
Dr. Gonzalo Solís Sánchez (Pediatra)

El conocimiento acerca de cómo los niños y las niñas van adquiriendo sus capacidades de memoria está despertando cada vez mayor interés por parte de los investigadores, pero sin embargo, se trata de una función que ha sido muy poco estudiada en edades tempranas y aún menos en niños y niñas que nacen prematuramente. La finalidad última de nuestro estudio es ser capaces de detectar, lo más tempranamente posible, problemas en el desarrollo de la memoria espacial para posibilitar un diagnóstico más temprano, y a su vez, una intervención más precoz, aprovechando el momento en el que el cerebro es más susceptible de generar aprendizajes. Por lo tanto, el conocimiento que se espera que aporte este estudio podría beneficiar en un futuro a estos niños contribuyendo a un mejor seguimiento, evolución y tratamiento.

La participación en este estudio es totalmente voluntaria y si usted decide no participar, la relación con el equipo médico que le atiende no va a verse afectada.

Esta investigación no entraña ningún riesgo previsible para el niño.

Los resultados obtenidos de dicho proyecto de investigación podrán ser divulgados en congresos, reuniones y publicaciones científicas, pero los datos de su hijo/a serán difundidos de manera anónima y no de manera individual, garantizando la privacidad de cada niño.

La colaboración en este estudio conlleva la asistencia a cuatro citas personales en el Hospital Universitario Central de Asturias, en fechas a acordar y en función a la edad de su hijo/a, ya que este/a deberá ser evaluado a los 12, 15, 18 y 22 meses. Sin embargo, si decide finalmente colaborar con nosotros, puede retirarse del estudio en cualquier momento, no siendo

necesario acudir obligatoriamente a las cuatro citas y sin que esto suponga ningún perjuicio para usted y su hijo/a.

En cada una de las citas, usted tendrá que:

- Cumplimentar un cuestionario de temperamento infantil junto con otros datos requeridos.
- Su hijo/a realizará una valoración neuropsicológica llevada a cabo por psicólogas expertas. Se aplicarán tres instrumentos de medida: la Escala de Desarrollo Merrill-Palmer-R, Hide and Seek y Bebé-mnemo, empleando la primera medida para la obtención de índice de desarrollo general y las dos últimas para la evaluación de la memoria a corto plazo espacial.

Según el grado de colaboración del niño/a, se estima una duración de una hora.

El estudio no supondrá ningún gasto económico para Usted, salvo el desplazamiento al Hospital Universitario Central de Asturias, en caso de que decida acudir. El beneficio que puede percibir es la emisión de un informe de valoración neuropsicológica con los resultados obtenidos por su hijo/a durante la valoración. Si decide acudir a las sucesivas citas, se le enviará un nuevo informe en cada ocasión, en el que se compararía la situación actual con los resultados encontrados en la valoración anterior.

Próximamente, recibirá una llamada para concertar una cita si desea participar y podrán preguntar las dudas que se les puedan plantear. Si desea más información adjuntamos un correo electrónico de contacto (fernandezbcristina@uniovi.es) y un número de teléfono ()

Fdo:



Marta Méndez López
Profesora Titular de Universidad
Departamento de Psicología de
la Universidad de Oviedo.
(Investigadora principal)

Fdo:



Cristina Fernández Baizán
Investigadora predoctoral de la
Universidad de Oviedo. Neuropsicóloga
(Co-investigadora)

En Oviedo, ade..... de 201....

Anexo 10.

Formulario de consentimiento informado

Investigadora principal: Marta Méndez López

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán

Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo.

Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA)

Yo con DNI:..... padre, madre, tutor o tutora del niño o niña.....:

1. He leído o me ha sido leída la hoja de información proporcionada sobre el estudio. He leído y/o se me han explicado las características y el objetivo del estudio, así como los posibles beneficios y riesgos que puedo esperar. He tenido la oportunidad de ponerme en contacto con la investigadora principal para aclarar dudas acerca del estudio y estas me han sido respondidas de forma satisfactoria.
2. Comprendo que se mantendrá una estricta confidencialidad de los datos personales del niño o de la niña. Entiendo que los resultados obtenidos en este estudio podrán ser divulgados en congresos, reuniones y publicaciones científicas, salvaguardando siempre la confidencialidad de los datos personales.
3. Soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento por cualquier motivo, sin tener que dar explicación y sin que conlleve ninguna repercusión negativa.
4. Soy consciente de que no existe ninguna compensación económica por la participación en el estudio.
5. Consiento voluntariamente que el niño o la niña participe en el estudio llamado *“Evaluación de la memoria espacial a edades tempranas: uso de estrategias egocéntricas y allocéntricas”*.

Fecha:

Firma del padre, madre o tutor:

Fecha:

Firma del investigador:

Anexo 11.

Nombre del niño/a:

Código (a completar por examinador/a):

Cuestionario para padres / madres / tutores /tutoras

Persona que completa el cuestionario

Madre Padre Ambos Otro, otra (especificar)

Información sobre la familia

El niño o la niña convive con (Puede señalarse más de una opción)

Madre Padre Ambos Otros, otras (especificar)

Edades (Solo los familiares señalados arriba)

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Profesión (Solo los familiares señalados arriba)

Incluir también si se es estudiante, ama/o de casa, jubilada/o...

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Nivel máximo educativo alcanzado (Solo los familiares señalados arriba)

Por ejemplo, sin estudios, primarios, secundarios, FP, universitarios, etc.

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Enfermedades médicas o psicológicas (Solo los familiares señalados arriba)

Por ejemplo, enfermedades cardíacas, vasculares, respiratorias, digestivas, neurológicas, tumores, depresión, ansiedad, esquizofrenia, trastornos de la personalidad, etc.

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Hermanos o hermanas

Número de hermanos o hermanas:

Si procede:

Orden de nacimiento	Edad	Problemas en el desarrollo, enfermedades graves o complicaciones médicas
1º		Si (Especificar) <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2º		Si (Especificar) <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3º		Si (Especificar) <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4º		Si (Especificar) <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5º		Si (Especificar) <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Incluir también al niño o a la niña participante con la palabra INVESTIGACIÓN. Por ejemplo,

3º	15 meses INVESTIGACIÓN	
----	------------------------	--

Embarazo y parto

Edad de la madre en el momento del embarazo:**Transcurso del embarazo**Normal Con molestias Complicado (Especificar) **Consumo de sustancias**Tabaco Alcohol Medicamentos prescritos Otras sustancias (Especificar) **Transcurso del parto**Normal Complicado (Especificar)

Desarrollo durante el primer año

Alimentación y lactancia

Biberón Pecho

Edad a la que empieza a tomar alimento sólido:

Dificultad con el inicio del alimento sólido: No Si (Especificar)

¿Se habla en el hogar un idioma aparte del español?

No Si (Especificar cuál)

Salud del niño o de la niña

¿Ha tenido en el pasado alguna enfermedad grave?

No Si (Especificar cuál)

¿Tiene actualmente alguna enfermedad grave?

No Si (Especificar cuál)

¿Toma alguna medicina a diario?

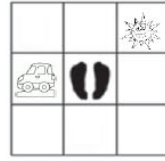
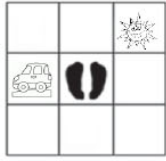
No Si (Especificar cuál)

Anexo 12.

Participante:PARTE A

Se coloca al niño en el centro de la matriz. ENSAYO DE PRÁCTICA

- “Debes recordar la localización de estas dos tarjetas que te muestro. Cada una debe de ir en su cuadrado.” Tras 10 s se retiran las tarjetas y se le devuelven al niño para que las coloque en su lugar original.



- “Debes colocar cada tarjeta en el lugar donde estaba antes.” **CORREGIR LOS ERRORES**

	Colocación Permanecen 10s	Respuesta: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL A.....
1			1 2
2			1 2
3			1 2
4			1 2
5			1 2

Participante:PARTE B

En el centro de la matriz. Las posiciones de las tarjetas son las mismas que en la parte A. Inmediatamente después de retirar las tarjetas, se gira al niño hacia la derecha o a la izquierda 90 o 180 ° y, a continuación, se le pide colocar las cartas. ENSAYO DE PRÁCTICA

- “Debes recordar la localización de estas dos tarjetas que te muestro. Cada una debe de ir en su cuadrado.” Tras 10 s se retiran las cartas y se mueve al niño ofreciéndole las cartas para que las coloque en su lugar original.



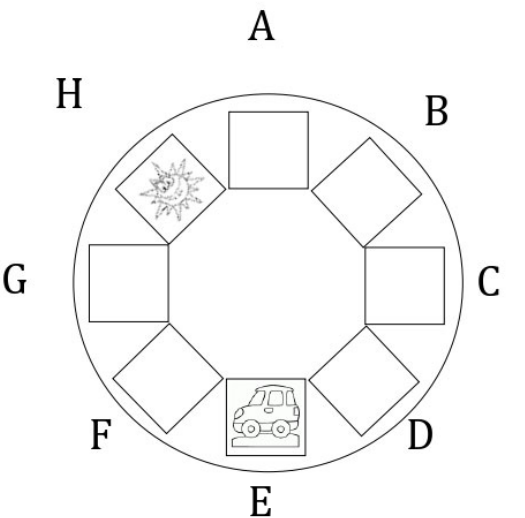
- “Voy a moverte de posición pero recuerda que tienes que colocar las cartas en el lugar en el que estaban. Cada una debe de ir en su cuadrado.” **CORREGIR LOS ERRORES**

Colocación Permanecen 10s		Respuesta: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL B.....
1 	90 ° a la derecha		1 2
2 	90 ° a la izquierda		1 2
3 	180 ° a la derecha		1 2
4 	180 ° a izquierda		1 2
5 	90 ° a la derecha		1 2

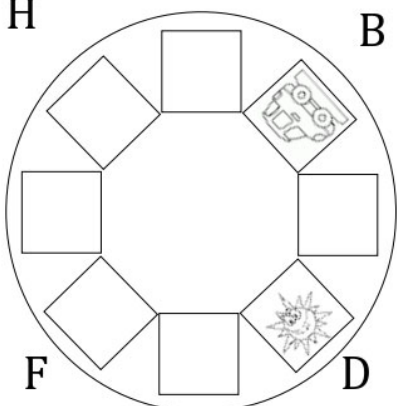
Anexo 13.

Participante:

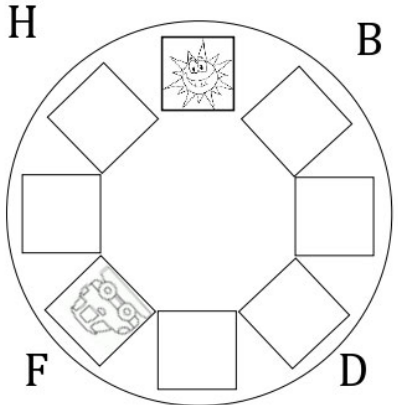
Bloque 1

Colocación Permanecen 10s	Salida:	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra POSICIÓN NIÑO A</p> 		
	1 Salida D	<p>1 2</p>
	2 Salida B	<p>1 2</p>
	3 Salida G	<p>1 2</p>
	4 Salida E	<p>1 2</p>
OBSERVACIONES		

Bloque 2

Colocación y salida Permanecen 10s	Salida:	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra POSICIÓN NIÑO G</p> 		
	1 B	<p>1 2</p>
	2 H	<p>1 2</p>
	3 E	<p>1 2</p>
	4 C	<p>1 2</p>
OBSERVACIONES		

Bloque 3

Colocación y salida Permanecen 10s	Salida:	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra POSICIÓN NIÑO D</p> 		
	1 F	<p>1 2</p>
	2 C	<p>1 2</p>
	3 A	<p>1 2</p>
	4 G	<p>1 2</p>
OBSERVACIONES		

Anexo 14.

Información sobre el estudio:

“Evaluación de la memoria espacial a edades tempranas: uso de estrategias egocéntricas y allocéntricas”

Objetivo del estudio

El interés en cómo los niños y las niñas van adquiriendo sus diferentes funciones cognitivas con los años es cada vez mayor. Entendemos por **funciones cognitivas** aquellos procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea y desenvolvemos en el mundo. Estas van mejorando y volviéndose más complejas a medida que el cerebro del niño y de la niña va madurando. Sin embargo, aunque el desarrollo de algunas de estas funciones cognitivas ha sido muy estudiado, de otras aún se sabe muy poco. Este es el caso de la **orientación y cognición espacial**, que se trata de una capacidad fundamental para realizar un recorrido sin perdernos, recordar las ubicaciones importantes, describir un lugar, dar una dirección, orientarnos en entornos complejos y cambiantes y además es muy importante en el rendimiento académico durante la etapa escolar. Sin embargo, desconocemos cómo las diferentes estrategias de orientación espacial van desarrollándose a lo largo de los años, de modo que **nuestro principal objetivo es estudiar el desarrollo evolutivo de la orientación espacial en los niños y las niñas de 5 a 7 años.**

Sin embargo, la orientación espacial se trata de una función muy compleja, que se asienta sobre otras capacidades cognitivas más sencillas y que surgen antes en el desarrollo. Así, **también analizaremos la relación que existe entre el desarrollo de la orientación espacial y el desarrollo cognitivo generalizado.**

Por otro lado, también desconocemos exactamente si existe alguna relación entre los niveles de estrés y el desarrollo de las funciones cognitivas a edades tempranas. El cortisol es una hormona que todos producimos de manera natural por las mañanas para mantenernos activos y despiertos durante el día, aunque también se ha relacionado su secreción a altos niveles con momentos de estrés. Ya existen algunos estudios que relacionan a esta hormona con el funcionamiento cognitivo, pero los resultados aún no están claros, no encontrando de forma consistente que niveles muy altos o niveles muy bajos mejoren o perjudiquen el rendimiento en memoria, atención, razonamiento, etc. Por ello, nos proponemos **analizar la relación entre los niveles de la hormona cortisol en saliva, indicador de estrés, y el rendimiento en las diferentes funciones cognitivas.**

Esta investigación tiene como finalidad última ayudar a niños y niñas con problemas en el desarrollo. Nuestro equipo ha estado investigando sobre **la evolución de las funciones cognitivas de los niños y niñas prematuros**, quienes debido a su maduración cerebral intrauterina incompleta tienen un mayor riesgo de sufrir alteraciones cognitivas a lo largo de su infancia. Sin embargo, necesitamos conocer cómo evoluciona la orientación espacial en niños y niñas con un desarrollo normalizado y sin afectación cerebral para poder compararlo con los niños y niñas que sí que tienen alguna alteración, como es el caso de los prematuros. Por ello, **necesitamos la colaboración de niños, niñas, padres y madres que estén dispuestos a aportar un poco de su tiempo y muchas ganas de ayudar.**

Procedimiento

Para el estudio es necesario la aplicación de pruebas neuropsicológicas a los niños y a las niñas, así como la cumplimentación de algunos cuestionarios por parte del padre, la madre o el/la tutor/a legal.

En cuanto a la **valoración neuropsicológica**, el niño o la niña deberá realizar varias tareas adecuadas para su momento evolutivo y planteadas siempre como una actividad lúdica o un juego, ya que se trata de que pasen un rato agradable. La **medición de los niveles de cortisol** se realiza mediante un tubo de plástico para cada

niño o niña, que contiene un trozo de algodón. Este se debe introducir en la boca durante un minuto aproximadamente para recolectar una muestra de saliva. Posteriormente, se almacena en su correspondiente tubo para su análisis en el laboratorio, donde se obtienen las mediciones de los niveles de cortisol. El tiempo estimado de esta parte de la investigación, pruebas neuropsicológicas y muestra de saliva, es de **45 minutos**.

Por otra parte, los **cuestionarios para madres y padres** tienen el objetivo de complementar la información obtenida a través de la valoración neuropsicológica. Para ello, se debe de rellenar **3 cuestionarios**, así como responder a algunas preguntas sobre la familia (edades de sus miembros, profesión, etc.), para lo cual se requiere en torno a **15 minutos**.

Si desea concertar una cita, escriba por favor a fernandezbcrystina@uniovi.es, donde se le indicarán horas y lugares posibles para la realización de las tareas.

Quién puede participar

Para nuestro estudio, precisamos de niños y niñas **entre 5 y 7 años**. Deben ser niños con un **desarrollo cognitivo normalizado y que no hayan sufrido ninguna enfermedad o evento traumático de origen neurológico**. Así, no podrán ser tenidos en cuenta aquellos niños o niñas que sufran alteraciones del neurodesarrollo, trastornos psicológicos, condiciones peri y neonatales con afectación neurológica, epilepsias infantiles, tumores del sistema nervioso, enfermedades neurológicas de tipo infeccioso, enfermedades cerebrovasculares (ictus) o traumatismos craneoencefálicos.

Derecho a abandono, riesgos y beneficios

El presente estudio ha sido **aprobado por el Comité de Ética de la Investigación del Principado de Asturias** (nº 156/18).

La participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Se puede retirar del estudio sin ningún tipo de consecuencia y sin tener que dar ninguna explicación.

Los riesgos y molestias para esta investigación son nulos, ya que la aplicación de pruebas neuropsicológicas y la cumplimentación de los cuestionarios no entrañan ningún peligro.

Los beneficios obtenidos de esta investigación, aparte de la propia contribución con la ciencia y con el propósito de este estudio, que es conocer y favorecer el desarrollo cognitivo infantil, es la **recepción de un informe de investigación** en el cual se expondrán los resultados obtenidos por el niño o la niña. No existe ningún tipo de compensación económica por la participación en el estudio, aunque tampoco implica ningún coste.

Confidencialidad y protección de datos

Los datos personales de los participantes serán completamente anónimos. Los resultados globales de la investigación pueden ser publicados en congresos o publicaciones científicas, pero se hará de forma que nadie sea capaz de identificar a ninguno de los participantes del estudio. **El almacenamiento y custodia de los datos recogidos se hará de acuerdo a la Ley de Protección de Datos (LOPD)**.

Persona de contacto

Para cualquier duda o consulta que pueda surgir tanto previamente a la aceptación, así como durante el transcurso del estudio, pueden contactar con:

Investigadora principal: Marta Méndez López, Profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo y secretaria e investigadora del Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA) (mendezlmarta@uniovi.es)

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán, Psicóloga general sanitaria, Neuropsicóloga e Investigadora predoctoral de la Universidad de Oviedo (fernandezbcrystina@uniovi.es)

Anexo 15.

Información sobre el estudio:

“Evaluación de la memoria espacial a edades tempranas: uso de estrategias egocéntricas y allocéntricas”

Objetivo del estudio

El interés en cómo los niños y las niñas van adquiriendo sus diferentes funciones cognitivas con los años es cada vez mayor. Entendemos por **funciones cognitivas** aquellos procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea y desenvolvemos en el mundo. Estas van mejorando y volviéndose más complejas a medida que el cerebro del niño y de la niña va madurando. Sin embargo, aunque el desarrollo de algunas de estas funciones cognitivas ha sido muy estudiado, de otras aún se sabe muy poco. Este es el caso de la **orientación y cognición espacial**, que se trata de una capacidad fundamental para realizar un recorrido sin perdernos, recordar las ubicaciones importantes, describir un lugar, dar una dirección, orientarnos en entornos complejos y cambiantes y además es muy importante en el rendimiento académico durante la etapa escolar. Esta función, sin embargo, no ha sido anteriormente examinada en poblaciones infantiles vulnerables a sufrir alteraciones en su desarrollo cognitivo, como es el caso de los niños prematuros. Así, nuestro objetivo principal es **estudiar el desarrollo evolutivo de la orientación espacial en los niños y las niñas prematuros, nacidos con un peso inferior a 1500 gramos, entre los 5 y 7 años**. Sin embargo, dado que la orientación espacial es una función muy compleja que se asienta sobre otras capacidades cognitivas más sencillas y que surgen antes en el desarrollo, **también analizaremos la relación que existe entre el desarrollo de la orientación espacial con el desarrollo cognitivo generalizado y otras habilidades de carácter visoespacial**.

Procedimiento

Para el estudio es necesario la aplicación de pruebas neuropsicológicas a los niños y a las niñas, así como la cumplimentación de algunos cuestionarios por parte del padre, la madre o el/la tutor/a legal. Ello será llevado a cabo en una única cita de una hora de duración en la zona de Consultas Externas del Hospital Universitario Central de Asturias.

En cuanto a la **valoración neuropsicológica**, el niño o la niña deberá realizar varias tareas adecuadas para su momento evolutivo y planteadas siempre como una actividad lúdica o un juego, ya que se trata de que pasen un rato agradable. El tiempo estimado de esta parte de la investigación es de **45 minutos**.

Por otra parte, los **cuestionarios para madres y padres** tienen el objetivo de complementar la información obtenida a través de la valoración neuropsicológica. Para ello, se debe de rellenar **3 cuestionarios**, así como responder a algunas preguntas sobre la familia (edades de sus miembros, profesión, etc.), para lo cual se requiere en torno a **15 minutos**.

Quién puede participar

Para nuestro estudio, **precisamos de niños y niñas entre 5 y 7 años nacidos prematuros y con menos de 1500 gramos de peso**. Deben ser niños que, al margen de su condición de prematuros, **no hayan sufrido ninguna enfermedad o evento traumático de origen neurológico**. Así, no podrán ser tenidos en cuenta aquellos niños o niñas que sufran alteraciones como accidentes cerebrovasculares, traumatismos craneoencefálicos, epilepsias infantiles, tumores del sistema nervioso y/o enfermedades neurológicas de tipo infeccioso.

Derecho a abandono, riesgos y beneficios

El presente estudio ha sido **aprobado por el Comité de Ética de la Investigación del Principado de Asturias** (nº 156/18).

La participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Se puede retirar del estudio sin ningún tipo de consecuencia y sin tener que dar ninguna explicación.

Los riesgos y molestias para esta investigación son nulos, ya que la aplicación de pruebas neuropsicológicas y la cumplimentación de los cuestionarios no entrañan ningún peligro.

Los beneficios obtenidos de esta investigación, aparte de la propia contribución con la ciencia y con el propósito de este estudio, que es conocer y favorecer el desarrollo cognitivo infantil, es la **recepción de un informe de investigación** en el cual se expondrán los resultados obtenidos por el niño o la niña. No existe ningún tipo de compensación económica por la participación en el estudio, aunque tampoco implica ningún coste.

Confidencialidad y protección de datos

Los datos personales de los participantes serán completamente anónimos. Los resultados globales de la investigación pueden ser publicados en congresos o publicaciones científicas, pero se hará de forma que nadie sea capaz de identificar a ninguno de los participantes del estudio. **El almacenamiento y custodia de los datos recogidos se hará de acuerdo a la Ley de Protección de Datos (LOPD).**

Persona de contacto

Para cualquier duda o consulta que pueda surgir tanto previamente a la aceptación, así como durante el transcurso del estudio, pueden contactar con:

Investigadora principal: Marta Méndez López, Profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo y secretaria e investigadora del Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA) (mendezlmarta@uniovi.es)

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán, Psicóloga general sanitaria, Neuropsicóloga e Investigadora predoctoral de la Universidad de Oviedo (fernandezbcristina@uniovi.es)

Anexo 16.

Nombre del niño/a:

Código (a completar por examinador/a):

Cuestionario para padres / madres / tutores / tutoras

Persona que completa el cuestionario

Madre Padre Ambos Otro, otra (especificar)

Información sobre la familia

El niño o la niña convive con (Puede señalarse más de una opción)

Madre Padre Ambos Otros, otras (especificar)

Edades (Solo los familiares señalados arriba) Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Profesión (Solo los familiares señalados arriba)

Incluir también si se es estudiante, ama/o de casa, jubilada/o... Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Nivel de estudios máximo alcanzado (Solo los familiares señalados arriba)

Por ejemplo, sin estudios, primarios, secundarios, técnicos o FP, universitarios.

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Enfermedades médicas o psicológicas (Solo los familiares señalados arriba)

Por ejemplo, enfermedades cardíacas, vasculares, respiratorias, digestivas, neurológicas, tumores, depresión, ansiedad, esquizofrenia, trastornos de la personalidad, etc.

Madre:

Padre:

Otros, otras (especificar):

Hermanos o hermanas

Número de hermanos o hermanas:

Edades de cada uno de ellos o ellas:

Posición que ocupa el niño/a objeto de investigación:

Por ejemplo, primero, segundo, tercero..., con respecto a sus hermanos/as

Embarazo y parto

Edad de la madre en el momento del embarazo:

Transcurso del embarazo

Normal Con molestias Complicado (Especificar)

Consumo de sustancias

Ninguna Tabaco Alcohol Medicamentos prescritos
Otras sustancias (Especificar)

Transcurso del parto

Normal Complicado (Especificar)

Edad gestacional

Nacimiento después de la semana 42 Nacimiento entre la semana 37 y 42
Nacimiento antes de la semana 37 *Especificar semana de nacimiento*

Datos del niño/a

Salud

¿Ha tenido en el pasado alguna enfermedad grave?

No Si (Especificar cuál)

¿Tiene actualmente alguna enfermedad grave?

No Si (Especificar cuál)

¿Toma alguna medicina a diario?

No Si (Especificar cuál)

Educación

¿Ha tenido en el pasado problemas para adaptarse al colegio?

No Si (Especificar)

¿Ha presentado algún problema académico y/o de conducta en el colegio?

No Si (Especificar)

¿Tiene en general buena relación con sus docentes?

Donde 1 es muy mala relación con su profesor/a y 5 muy buena relación

1 2 3 4 5

¿Tiene en general buena relación con sus compañeras/os de clase?

Donde 1 es muy mala relación con sus compañeros/as y 5 muy buena relación

1 2 3 4 5

Hábitos de sueño

¿Tiene un horario fijo para acostarse y levantarse?

No Si (Especificar cuál)

¿Su descanso nocturno es generalmente bueno?

Donde 1 es un muy mal descanso nocturno y 5 muy buen descanso

1 2 3 4 5

Ejercicio físico

¿Practica algún tipo de deporte o hace ejercicio físico con regularidad?

No Si

Si es así, ¿Qué tipo de deporte o ejercicio?.....



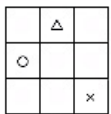
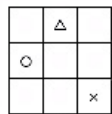
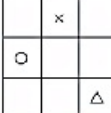

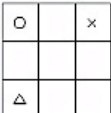

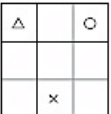
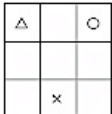


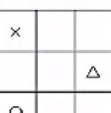
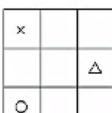
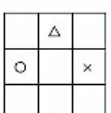
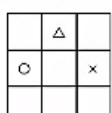
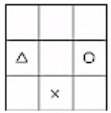
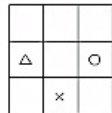
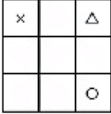
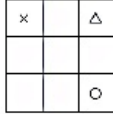
¿Cuántas horas a la semana?

Anexo 17.

PRUEBA DE LOCALIZACIÓN DE TARJETAS. EGOCÉNTRICA

PARTE A.



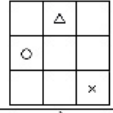
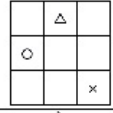
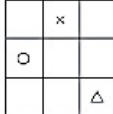
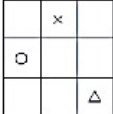
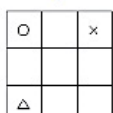
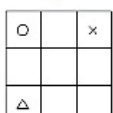
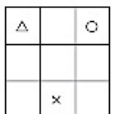
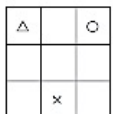
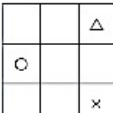
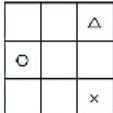

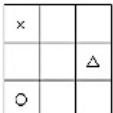
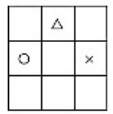
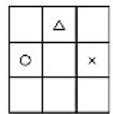
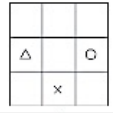
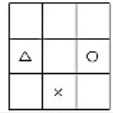
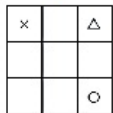
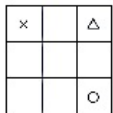
Participante:PARTE A

Colocación Permanecen 10s	Respuesta: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL A.....
1 	1 	1 2 3
2 	2 	1 2 3
3 	3 	1 2 3
4 	4 	1 2 3
5 	5 	1 2 3
6 	6 	1 2 3
7 	7 	1 2 3
8 	8 	1 2 3
9 	9 	1 2 3
10 	10 	1 2 3

PRUEBA DE LOCALIZACIÓN DE TARJETAS. EGOCÉNTRICA

PARTE B.

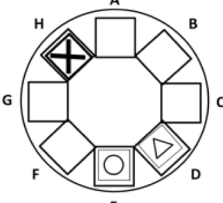
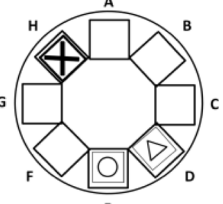
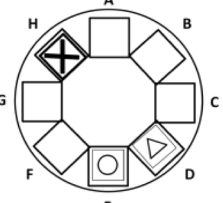
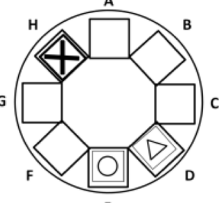
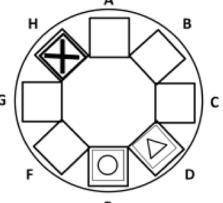
Participante:PARTE B

Colocación Permanecen 10s		Respuesta: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL B.....
1 	90 ° a la derecha	1 	1 2 3
2 	90 ° a la izquierda	2 	1 2 3
3 	180 ° a la derecha	3 	1 2 3
4 	180 ° a izquierda	4 	1 2 3
5 	90 ° a la derecha	5 	1 2 3
6 	90 ° a la izquierda	6 	1 2 3
7 	180 ° a la derecha	7 	1 2 3
8 	180 ° a izquierda	8 	1 2 3
9 	90 ° a la derecha	9 	1 2 3
10 	90 ° a la izquierda	10 	1 2 3

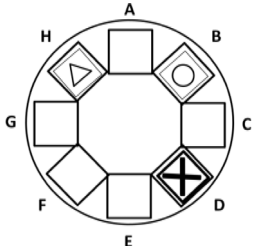
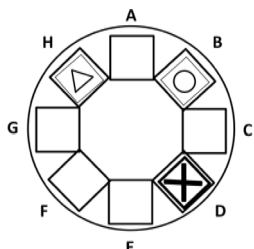
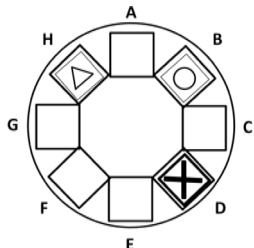
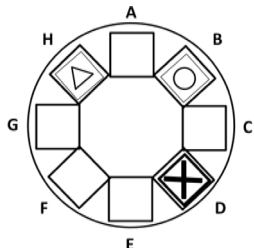
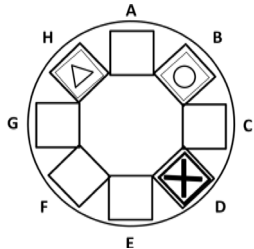
Anexo 18.

Participante:

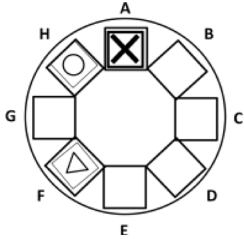
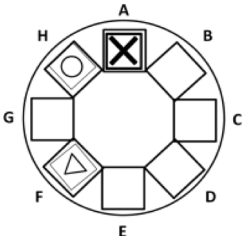
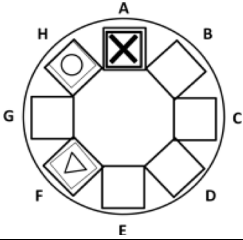
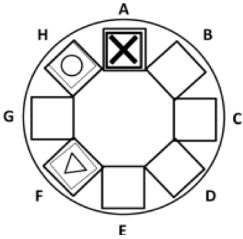
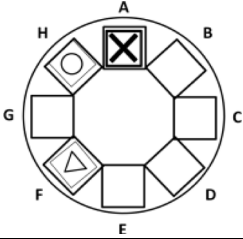
Bloque 1

Colocación y salida Permanecen 10s	Respuesta y salida: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra A</p> 		
	<p>1 D</p> 	<p>1 2 3</p>
	<p>2 B</p> 	<p>1 2 3</p>
	<p>3 G</p> 	<p>1 2 3</p>
	<p>4 E</p> 	<p>1 2 3</p>

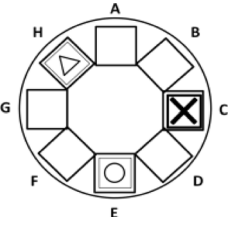
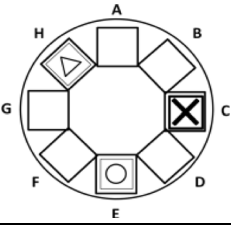
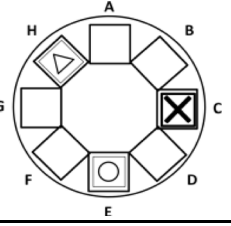
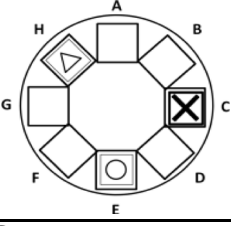
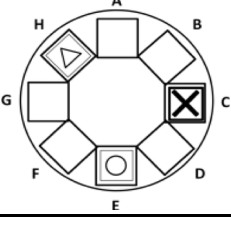
Bloque 2

Colocación y salida Permanecen 10s	Respuesta y salida: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra G</p> 		
	<p>1 B</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>2 H</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>3 E</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>4 C</p> 	<p align="center">1 2 3</p>

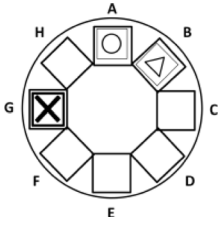
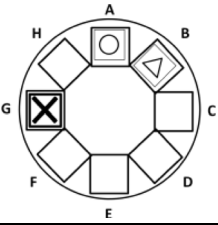
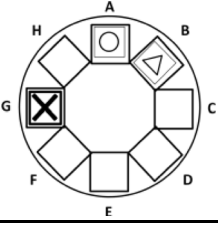
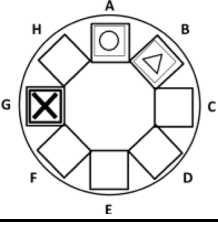
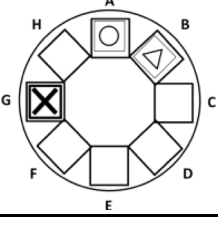
Bloque 3

Colocación y salida Permanecen 10s	Respuesta y salida: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra D</p> 		
	<p>1 F</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>2 C</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>3 A</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>4 G</p> 	<p align="center">1 2 3</p>

Bloque 4

Colocación y salida Permanecen 10s	Respuesta y salida: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra B</p> 		
	<p>1 D</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>2 A</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>3 G</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>4 C</p> 	<p align="center">1 2 3</p>

Bloque 5

Colocación y salida Permanecen 10s	Respuesta y salida: Marcar casilla	Puntos (Rodear) TOTAL
<p>Muestra H</p> 		
	<p>1 F</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>2 C</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>3 E</p> 	<p align="center">1 2 3</p>
	<p>4 B</p> 	<p align="center">1 2 3</p>

Anexo 19.

Diferencias de género y de edad en la orientación espacial egocéntrica y aloécéntrica

Objetivo del estudio

La **orientación espacial** se trata de una capacidad fundamental para realizar un recorrido sin perdernos, navegar por nuestro ambiente y llegar finalmente a un lugar meta. Nos encontramos que aunque esta función ya ha sido estudiada en población adulta, **aún no contamos con tareas estandarizadas, ecológicas y de fácil aplicación que nos permitan elaborar un diagnóstico** en caso de déficit o problemas en dicha capacidad, como puede ocurrir en personas que sufran daño cerebral adquirido o enfermedades neurodegenerativas que afecten principalmente al lóbulo temporal medial. Tampoco parece haber existido gran interés en analizar las diferentes estrategias o marcos de referencia de orientación espacial que empleamos para orientarnos. Estas son la **estrategia egocéntrica**, que supone tomar el propio cuerpo como centro de referencia, y la **estrategia aloécéntrica**, que implica orientarnos tomando puntos de referencia externos, como la información ambiental. Aunque generalmente navegamos por el ambiente empleando ambos tipos de estrategia, combinándolas y alternándolas, es especialmente importante **ser capaces de evaluarlas por separado cuando nos encontramos ante patologías neurológicas**, dado que en función del marco de referencia afectado, las estrategias rehabilitadoras tendrán que ser diferentes. Por todo ello, nuestro principal objetivo es **diseñar una tarea de orientación espacial que nos permita evaluar de manera funcional y sencilla ambas estrategias de orientación espacial, egocéntrica y aloécéntrica, en población generalizada**.

Además, también sabemos la orientación espacial se trata de una función muy compleja, que se asienta sobre otras capacidades cognitivas más sencillas y guarda una estrecha relación con otras más complejas. Así, **también analizaremos la relación que existe entre el rendimiento en la orientación espacial y otras funciones: índice cognitivo general, habilidades visoespaciales y memoria de trabajo visoespacial**.

Procedimiento

Para el estudio es necesario la **aplicación de pruebas neuropsicológicas**, donde deberá realizar cinco tareas de valoración cognitiva para la medición de diferentes funciones. El tiempo estimado de esta parte de la investigación, pruebas neuropsicológicas y muestra de saliva, es de **60 minutos**. El lugar en el que se realiza la investigación es en la **Facultad de Psicología de la Universidad de Oviedo** (Plaza Feijoo, s/n, 33003, Oviedo). Previamente, aquellas personas interesadas en participar en la investigación **deben contactar en cualquiera de los correos electrónicos que aparecen al final del documento para concertar una cita**.

Quién puede participar

Para nuestro estudio, precisamos de **personas adultas jóvenes**, mayores de 18 años y menores de 35. Por otro lado, necesitamos la colaboración de **personas adultas mayores**, por encima de los 60 años.

Deben ser personas **que no hayan sufrido ninguna enfermedad o evento traumático de origen neurológico**: alteraciones del neurodesarrollo, trastornos psicológicos, condiciones peri y neonatales con afectación neurológica, epilepsias, tumores del sistema nervioso, enfermedades neurológicas de tipo infeccioso, enfermedades cerebrovasculares (ictus) o traumatismos craneoencefálicos. En el caso de los adultos mayores, se requiere además que el participante no haya manifestado hasta la fecha ninguna queja subjetiva de memoria u otras funciones cognitivas.

Derecho a abandono, riesgos y beneficios

La participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Se puede retirar del estudio sin ningún tipo de consecuencia y sin tener que dar ninguna explicación.

Los riesgos y molestias para esta investigación son nulos, ya que la aplicación de pruebas neuropsicológicas y la recogida de la muestra de saliva no entrañan ningún peligro.

Los beneficios obtenidos de esta investigación, aparte de la propia contribución con la ciencia y con el propósito de este estudio, es la **recepción de un informe de investigación** en el cual se expondrán los resultados obtenidos en las tareas cognitivas. No existe ningún tipo de compensación económica por la participación en el estudio, aunque tampoco implica ningún coste.

Confidencialidad y protección de datos

Los datos personales de los participantes serán completamente anónimos. Los resultados globales de la investigación pueden ser publicados en congresos o publicaciones científicas, pero se hará de forma que nadie sea capaz de identificar a ninguno de los participantes del estudio. **El almacenamiento y custodia de los datos recogidos se hará de acuerdo a la Ley Orgánica 15/1999.**

Persona de contacto

Para cualquier duda o consulta que pueda surgir tanto previamente a la aceptación, así como durante el transcurso del estudio, pueden contactar con:

Investigadora principal: Marta Méndez López, Profesora del Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo y secretaria e investigadora del Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA) (mendezlmarta@uniovi.es)

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán, Psicóloga general sanitaria, Neuropsicóloga e Investigadora predoctoral de la Universidad de Oviedo (fernandezbcristina@uniovi.es)

Anexo 20.

Formulario de consentimiento informado

Investigadora principal: Marta Méndez López

Co-investigadora: Cristina Fernández Baizán

Departamento de Psicología de la Universidad de Oviedo.

Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias (INEUROPA)

Tras recibir esta información, yo _____,
nacido/a el _____ de _____ de _____

- He leído o me ha sido leída la hoja de información proporcionada sobre el estudio. He leído y/o se me han explicado las características y el objetivo del estudio, así como los posibles beneficios y riesgos que puedo esperar. He tenido la oportunidad de ponerme en contacto con la investigadora principal para aclarar dudas acerca del estudio y estas me han sido respondidas de forma satisfactoria.
- Comprendo que se mantendrá una estricta confidencialidad de mis datos personales. Entiendo que los resultados obtenidos en este estudio podrán ser divulgados en congresos, reuniones y publicaciones científicas, salvaguardando siempre la confidencialidad de los datos personales.
- Soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento por cualquier motivo, sin tener que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.
- Soy consciente de que no existe ninguna compensación económica por la participación en el estudio.
- Consiento voluntariamente participar en el estudio llamado "*Diferencias de género y de edad en la orientación espacial egocéntrica y allocéntrica*".

Fecha:

Firma del participante

Firma de la investigadora