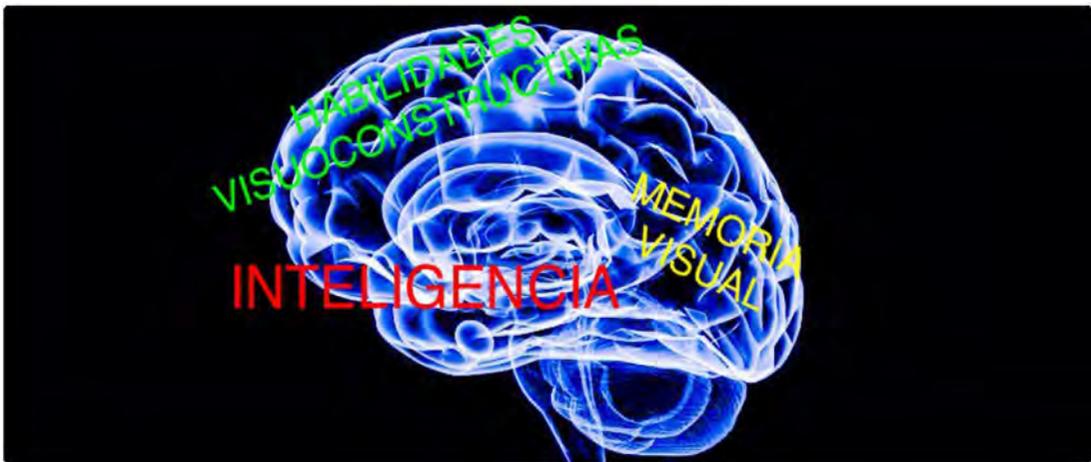


**SUSANA GUERRA BARRERA**

**PRUEBA NEUROPSICOLÓGICA  
PARA MEDIR LA INTELIGENCIA:  
UTILIZACIÓN DEL TEST DE  
RETENCIÓN VISUAL DE BENTON**

---



Estudio empírico dirigido por el Dr. Carlos Martín Bravo y la Dra. Yolanda Benito sobre una muestra de la base de datos del Centro “Huerta del Rey” de Valladolid (España), con el análisis estadístico del Dr. Jesús Moro.

**IDEA** *Acción*

LA REVISTA EN ESPAÑOL SOBRE SUPERDOTACION





---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA

TESIS DOCTORAL

**PRUEBA NEUROPSICOLÓGICA PARA  
MEDIR LA INTELIGENCIA: UTILIZACIÓN  
DEL TEST DE RETENCIÓN VISUAL DE  
BENTON**

Dirigida por:  
Dr. Carlos Martín Bravo  
Dra. Yolanda Benito Mate

Susana Guerra Barrera  
Septiembre, 2016



EDITA

**CENTRO ESPAÑOL DE AYUDA AL  
DESARROLLO DEL SUPERDOTADO**

Pío del Río Hortega, 10

47014 - Valladolid (ESPAÑA)

e-mail: juanaalonso@ceads.org

DIRECTOR

Juan Antonio Alonso

ISSN 1695-7075 (Internet), Ministerio  
de Educación y Ciencia de ESPAÑA

ISSN 1134-1548 (formato papel). Editada  
desde 1994, Ministerio de Educación y  
Ciencia de ESPAÑA.

IDEACCIÓN ES LA REVISTA CIENTÍFICA DE  
SUPERDOTACIÓN DE MAYOR IMPACTO EN  
LENGUA ESPAÑOLA (ICDS, Universidad  
Autónoma de Barcelona).

**IDEA<sup>cción</sup>** está incluida en los siguientes Índices y Bases de  
datos bibliográficos:

#### **NACIONALES:**

- Base de datos ISOC del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) del Ministerio de Educación y Cultura.
- Boletín Bibliográfico del Servicio de Documentación del CIDE del Ministerio de Educación y Cultura/Ciencia.
- Base de datos PSICODOC del Colegio Oficial de Psicólogos de ámbito Estatal.
- CRUE, Red de Bibliotecas Universitarias.
- DIALNET, Universidad de la Rioja.

#### **INTERNACIONALES:**

- Google Scholar.
- Latindex.
- Redalyc.
- Scopus - DICE, Difusión y Calidad Editorial (CSIC)

La Revista **IDEA<sup>cción</sup>** no se solidariza expresamente con las opiniones de los colaboradores firmantes de sus escritos, no se identifica necesariamente con los mismos, cuya responsabilidad es exclusiva de los autores.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación sin la autorización escrita de la editorial.

## **CONSEJO EDITORIAL**

- Klaus K. Urban (*Universidad de Hannover, Alemania*).
- Robert J. Sternberg (*Universidad de Tufts, EEUU*).
- Janice Leroux (*Universidad de Ottawa, Canadá*).
- Barbara Clark (*Universidad del Estado de California, EEUU*).
- David George (*Universidad de Northampton, Inglaterra*).
- François Gagné (*Universidad de Québec, Canadá*).
- Kurt Heller (*Universidad de München, Alemania*).
- Christina Cupertino (*Universidad Paulista, Brasil*).
- Franz J. Mönks (*Universidad de Nijmegen, Holanda*).
- Belle Wallace (*Universidad de Natal, Sudáfrica*).
- Sally Reis y Joseph Renzulli (*Universidad de Connecticut, EEUU*).
- Eunice Soriano Alencar (*Universidad Católica de Brasilia, Brasil*).
- Jean Brunault (*Ex-Presidente de Eurotalent, Francia*).
- James R. Young (*Universidad de Brigham Young, EEUU*).
- Carmen M. Cretu (*Universidad de Iasi, Rumania*).
- Harry J. Milne (*Universidad Griffith, Australia*).
- Ljiljana Miocinovic y Slavica Maksic (*Institute for Educational Research Beograd, Serbia*).
- Krishna Maitra (*Universidad de Delhi, India*).
- M<sup>a</sup> Lourdes Saleiro Cardoso (*Apepicta, Portugal*).
- Ivan Ferbezer (*Center for High Education, Ptuj Eslovenia*).

© 2016, Susana Guerra Barrera

© 2016 CENTRO ESPAÑOL DE AYUDA AL DESARROLLO DEL SUPERDOTADO



## **RESUMEN**

La tesis se centra en el estudio de la relación entre inteligencia psicométrica y la memoria visual y habilidades visuoestructurivas en el marco del desarrollo evolutivo ente los 5 y 8 años.

Se llevaron a cabo tres estudios empíricos con una amplia muestra de niños con un rango de CI desde 85 a 190, de los cuales 75 eran superdotados, procedentes del Centro Huerta del Rey (España). A toda la muestra se le aplicó el Test de Retención Visual de Benton y las escalas Wechsler y Stanford-Binet para analizar la relación entre las variables en función de la edad cronológica, género y CI del sujeto.

Los resultados obtenidos muestran que existe una relación significativa entre las variables en el marco de edad considerado; relación que se ve incrementada a medida que aumenta el nivel de inteligencia del sujeto. En el caso de la superdotación intelectual, de la investigación se recoge que aparece asociada una mayor madurez en las funciones del procesamiento de información, en este caso concreto de la memoria visual. En relación al género, se observaron resultados diversos, influidos por la edad y el nivel de CI.

Como conclusión general, el trabajo aporta un avance importante en el conocimiento del desarrollo de la inteligencia humana, demostrándose a nivel empírico el papel clave de las zonas occipitales del cerebro a edades ya muy tempranas y destacándose la importancia de la estimulación temprana a través de tareas de memoria de trabajo visual y habilidades visuoestructurivas en el ámbito educativo. Asimismo, se plantea la posibilidad de dar un nuevo uso al TRVB como herramienta de screening en la valoración del nivel intelectual en sujetos menores de 8 años, así como indicador de posible disfunción neuropsicológica cuando la edad equivalente de memoria visual no se corresponde a la esperada conforme al nivel del CI del menor.

## **PALABRAS CLAVE**

Infancia, inteligencia, edad mental, neuropsicología, memoria visual, habilidades visuoestructurivas, superdotación intelectual.

## **ABSTRACT**

This thesis is focused on the study of the relation between psychometric intelligence and visual memory and visuoestructurational abilities in 5-8 aged children.

Three empirical researches were made with a wide sample of children with IQ's range from 85 to 190, of which 75 were gifted, from the "Huerta del Rey" Center (Spain). All children were administered the Visual Retention Test of Benton (TRVB) and the Wechsler and Stanford-Binet scales to analyze the relation between variables, according to their chronological age, gender and IQ level.

The results show there is a significant relationship between the variables in 5-8 aged children, and this relationship increased as the level of intelligence is higher. According to the research, intellectual giftedness is linked to greater maturity of the information processing functions, in this case to visual memory. Respect gender, the results were diverse, influenced by the chronological age and IQ level of the child.

As general conclusion, the thesis contributes an important advance on the knowledge of the human intelligence development. It demonstrates, at empirical level, the key paper of the occipital zones of the brain at very early ages, and the importance of early stimulation through tasks of visual working memory and visuoconstructional abilities in the field of education. Likewise, it raises the possibility of giving a new use of the TRVB as screening tool in valuation of intellectual level of children under 8, and using its equivalent age of visual memory as indicator of possible neuropsychological hurt when this age doesn't correspond to expected according the IQ level of the child.

## **KEYWORDS**

Childhood, intelligence, mental age, neuropsychology, visual memory, visuoconstructional abilities, intellectual giftedness.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a mis directores de tesis, Dr. Carlos Martín Bravo y Dra. Yolanda Benito Mate, su confianza en mí para llevar a cabo el presente trabajo, así como su inestimable guía en todo momento, y el ánimo y paciencia que me han demostrado en este largo recorrido.

En segundo lugar, al Dr. Jesús Moro por su valiosa colaboración en la parte estadística.

Al Dr. Juan Antonio Alonso por su altruista apoyo e implicación.

A mi familia y amigos, por el tiempo robado.

A mis compañeras de trabajo, por su interés y palabras de aliento.

Y especialmente a ti, quien tú ya sabes, por las horas que no me has tenido, tu paciencia y tu humor en mis peores momentos, y tu alegría y orgullo en los mejores. Estoy segura de que sin ti, no hubiera podido acabar este trabajo.

Mis más sinceras gracias a todos.



# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo parte del interés suscitado a lo largo de numerosos años de trabajo en el campo de la inteligencia y, sobre todo, en el área de las inteligencias más elevadas en el Centro Huerta del Rey (Valladolid), centro de identificación, seguimiento, formación e investigación en el campo de la superdotación y el talento. Observar sorprendida cómo éstas se manifiestan, preguntarme incesantemente porqué se producen y preocuparme constantemente por no desalentarlas ha sido mi quehacer diario en los últimos años.

El trabajo se muestra dividido en dos grandes bloques: por un lado, una primera revisión teórica y empírica de los estudios más importantes en relación a las variables objeto de estudio, esto es, la inteligencia, la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, y por otra, el estudio experimental, base fundamental de la tesis.

En relación a la parte teórica, se realiza un recorrido, en primer lugar, en torno a la inteligencia. Se abordará su evolución conceptual en las últimas décadas, así como las principales teorías acerca de la misma, desde autores tan relevantes como Galton, Binet o Spearman, que han posibilitado el hecho de llegar hasta el consenso generalizado acerca del modelo de Carroll como integrador de los avances en las teorías de la inteligencia. Su importancia es tal, que se ha convertido en el fundamento teórico en las revisiones últimas de los principales tests psicométricos de la inteligencia, reconocidos mundialmente: las escalas Wechsler y el test de Stanford-Binet.

Igualmente, se ahondará en el enfoque cognitivo de la inteligencia donde las aportaciones de Sternberg han sido claves a la hora de conocer qué procesos lleva a cabo lo que denominamos cerebro inteligente, desde el enfoque del procesamiento de la información, y que nos permiten situarnos en uno de los constructos más relevantes de los últimos tiempos: la memoria de trabajo.

Entendiendo la complementariedad de ambos enfoques en el estudio de la inteligencia, el psicométrico y el cognitivo, se lleva a cabo la revisión del estudio diferencial de la inteligencia, primero desde un punto de vista biológico, con la mediación de variables tales como las estructuras cerebrales o la neurobiología, deteniéndonos especialmente en los procesos de mielinización como factor clave en el desarrollo de la inteligencia. En segundo lugar, se explora la inteligencia y sus

correlatos cognitivos, analizando elementos tales como la velocidad de procesamiento y procesos cognitivos implicados, como es el caso de la mencionada memoria de trabajo.

Se finaliza este primer capítulo, el dedicado a la inteligencia, haciendo un recorrido por los principales tests de medida de la inteligencia, desde un punto de vista psicométrico, deteniéndonos en los diferentes niveles de inteligencia que su medida arroja y, en especial, haciendo una reseña en el caso de las inteligencias más elevadas. Del estudio general del recorrido realizado así como de los hallazgos más significativos de los diversos estudios referenciados, se llega a una serie de conclusiones consideradas claves en el campo de la inteligencia.

El segundo capítulo de este primer gran bloque teórico, comienza situándonos en el campo de la neuropsicología como ciencia que posibilita el estudio de la relación entre el cerebro y sus manifestaciones conductuales a través de las funciones cognitivas, centrándonos en el estudio particular de la memoria visual, en primer lugar, y de las habilidades visuoespaciales a continuación.

Al igual que en el caso anterior, se comienza realizando un recorrido histórico por el campo de la memoria visual, desde las primeras aportaciones empíricas de mano de Sperling y de Averbach y Coriell, hasta los modelos teóricos de Atkinson y Shiffrin y de Baddeley y Hitch, que han planteado el consenso actual de que la memoria visual no es un mero espacio pasivo de almacenamiento sino el espacio activo de mantenimiento de la información para demandas posteriores.

El número de estudios llevados a cabo en relación a la memoria visual es muy elevado y por ello se ha elegido dibujar diversos apartados para la presentación de los mismos de una forma más ordenada. A saber, se abordarán los estudios centrados en la capacidad de la memoria visual, en su precisión y en los efectos de similitud e interferencia, así como aspectos diferenciales a razón del género. Destacar que todo esto se realiza no sólo desde un enfoque teórico y/o empírico, sino también desde la visión que los recientes avances en el campo de la neurociencia nos ha permitido alcanzar.

Continúa este recorrido teórico, en un siguiente capítulo, con el abordaje de las habilidades visuoespaciales y en concreto el estudio de la habilidad del dibujo, dada la naturaleza de uno de los tests empleados en el presente estudio, el Test de Retención Visual de Benton: un test de naturaleza neuropsicológica diseñado para medir la memoria visual y habilidades visuoespaciales del sujeto.

En relación a la habilidad del dibujo, se presentan algunos de los modelos teóricos más relevantes en el campo, así como el estudiado diferenciado de dibujar a la copia frente a dibujar de memoria. Finaliza el capítulo, como viene siendo habitual, con algunos de los tests más empleados en el área de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas y las conclusiones más relevantes.

Finalmente, para cerrar este gran bloque teórico, se realiza un análisis más exhaustivo de los principales estudios empíricos llevados a cabo en los últimos años en relación al estudio de la asociación entre las variables objeto de estudio: la inteligencia y la memoria visual y habilidades visuoconstructivas. De los hallazgos extraídos de dichos estudios, junto a los planteamientos teóricos enmarcados, surgen los cimientos para llevar a cabo el consiguiente estudio experimental, segunda gran parte de la presente tesis.

Así, el Estudio Experimental se llevó a cabo en una muestra de 121 niños y niñas, con edades cronológicas comprendidas entre los 5 y los 8 años, procedentes de diversos puntos de la geografía española. A todos ellos se les aplicó tres pruebas standarizadas: por un lado, el Test de Retención Visual de Benton, diseñado para valorar la memoria visual y habilidades visuoconstructivas del sujeto, y por otro, dos instrumentos de medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico, el Test de Stanford-Binet Forma L-M y un test de la escala Wechsler, según la edad cronológica del sujeto en el momento de la valoración. En las Escalas Wechsler se pasaron todos los subtests (principales y optativos).

Todas las pruebas fueron aplicadas y corregidas por profesionales cualificados y especialmente entrenados para ello del Centro Huerta de Rey (Valladolid), a lo largo del período 2006-2014.

Se llevaron a cabo tres estudios estadísticos diferenciados en función de tipo de datos analizados. En primer lugar, se presenta un trabajo inicial, denominado Estudio I, en base al análisis de la relación entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoconstructivas del niño/a y su medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico, en función de variables moduladoras como eran la edad, el género y el nivel de CI obtenido.

Dadas las conclusiones extraídas del primer estudio, se llevó a cabo un segundo estudio, Estudio II, centrándose sólo en el análisis de la relación entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoespaciales y la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico con niveles de CI por encima de 130, categoría descriptiva extremos superior (Flanagan y Kofman, 2006) en sujetos menores de 8 años.

Finalmente, dada la importancia del nivel de inteligencia psicométrica elevado y las aportaciones en relación al grado de asociación de la superdotación intelectual con una mayor eficacia en las redes neuronales y estrategias relacionadas con la memoria visual (Benito, 1996; Benito y Moro, 1997; Sastre-Riba, 2008), se planteó llevar a cabo un tercer estudio, Estudio III, para analizar la relación entre las variables objeto de estudio, atendiendo a la diferenciación muestral de niños y niñas superdotados y no superdotados diagnosticados en base a la definición de superdotación intelectual considerada por el Ministerio de Educación y Ciencia en el Test de screening: “Proyecto de Identificación Temprana” (Benito y Moro, 1997).

Acorde a los resultados hallados en los mencionados estudios, se plantearon las conclusiones finales del presente trabajo de investigación, así como las principales implicaciones a nivel práctico y futuras líneas de investigación.

## **ABREVIATURAS**

APA: American Psychiatric Association  
CHC: Teoría de Cattell-Horn-Carroll  
CI: Cociente Intelectual  
CIM: Cociente Intelectual Manipulativo  
CIT: Cociente Intelectual Total  
CIV: Cociente Intelectual Verbal  
COL: Complejo Occipital Lateral  
EC: Edad Cronológica  
EE: Edad Equivalente  
EEG: Electroencefalografía  
EEMV: Edad Equivalente de Memoria Visual  
EM: Edad Mental  
EMG: Electromiografía  
Gf: Inteligencia Fluida  
Gc: Inteligencia cristalizada  
IRM: Imagen por Resonancia Magnética  
MCP: Memoria a Corto Plazo  
MTV: Memoria de Trabajo Visual  
MV: Memoria Visual  
MVCP: Memoria Visual a Corto Plazo  
MVLP: Memoria Visual a Largo Plazo  
P-FIT: Teoría de la integración parieto-frontal  
RMF: Resonancia Magnética Funcional  
SB: Stanford-Binet Intelligence Scale  
SB-5: Stanford-Binet Intelligence Scale, Fifth Edition  
SBL-M: Stanford-Binet Intelligence Scale, Form L-M  
SIP: Surco intraparietal  
SPCN: Sustained Posterior Contralateral Negativity  
TAC: Tomografía Axial Computerizada  
TEP: Tomografía por Emisión de Positrones  
TGM: Test Grafo-Motor

TI: Tiempo de Inspección

TR: Tiempo de Reacción

TRVB: Test de Retención Visual de Benton

VCN: Velocidad de Conducción Nerviosa

WAIS: Wechsler Adult Intelligence Scale

WISC-IV: Wechsler Intelligence Scale for Children, Fourth Edition

WISC-V: Wechsler Intelligence Scale for Children, Fifth Edition

WISC-R: Wechsler Intelligence Scale for Children Revised

WPPSI-R: Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence Revised

WPPSI-III: Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence, Third Edition

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1: Representación esquemática del modelo factorial de Burt (1949).
- Fig. 2: Representación esquemática de la Teoría de los Tres Estratos de Carroll (1993).
- Fig. 3: Modelo de inteligencia Cattell-Horn-Carroll.
- Fig. 4: La investigación en las diferencias de inteligencia humana.
- Fig. 5: Regiones cerebrales asociadas a un mejor rendimiento en medidas de inteligencia y razonamiento según el modelo P-FIT.
- Fig. 6: Visualización del tracto cingular en el cerebro.
- Fig. 7: Evolución de cambios en el grosor de la corteza cerebral según el nivel de inteligencia (Shaw et al., 2006).
- Fig. 8: Esquema resumen de la evolución de las Escalas Wechsler.
- Fig.9: Distribución teórica de las puntuaciones CI.
- Fig. 10: Ejemplo de material empleado por Sperling en sus experimentos
- Fig. 11: Resultados de Sperling a los experimentos llevados a cabo en 1960.
- Fig. 12: Diferenciación cerebral a nivel de memoria de trabajo visual y memoria de trabajo espacial.
- Fig. 13: Modelo multimodal de la memoria.
- Fig. 14: Tareas de detección de cambios en memoria visual
- Fig. 15: Correlatos neuronales del mantenimiento de la memoria de trabajo visual.
- Fig. 16: Modelo de mantenimiento de la información en la memoria de trabajo visual de Luck y Vogel (2013).
- Fig. 17: Visualización lateral, posterior y superior del SIP y el COL en el cerebro.
- Fig. 18: Análisis de la tarea para dibujar desde la memoria (Farah, 1984).
- Fig. 19: Análisis de la tarea para dibujar a la copia (Farah, 1984).
- Fig. 20: Lámina IX de la Forma C en el Test de Memoria Visual de Benton.
- Fig. 21: Representaciones de las Figuras A y B empleadas en el Test de la Figura Compleja de Rey
- Fig. 22: Ejemplo de láminas empleadas en el TRVB correspondientes a las Formas C y D



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de la muestra total según edad y género.

Tabla 2: Descripción de la muestra total según nivel de CI obtenido en el Stanford Binet Forma L-M y Escala Wechsler.

Tabla 3: Descripción de la muestra en el Estudio I, según nivel de CI, género y edad cronológica.

Tabla 4: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI menor a 116 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 5: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones de la muestra con un CI menor de 116 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 6: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres de la muestra con un CI menor de 116 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 7: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 8: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones de la muestra con un CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 9: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres de la muestra con un CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 10: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 5-6 años con un CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 11: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 7-8 años con un CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 12: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o mayor de 130 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 13: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o mayor de 130 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 14: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI igual o mayor de 130 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 15: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 5-6 años con un CI igual o mayor de 130 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 16: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 7-8 años con un CI igual o mayor de 130 en la escala Wechsler en el Estudio I.

Tabla 17: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI menor a 116 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 18: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI menor a 116 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 19: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI menor a 116 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 20: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI entre 116 y 129 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 21: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI entre 116 y 129 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 22: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI entre 116 y 129 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 23: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 7-8 años con un CI entre 116 y 129 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 24: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 25: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 26: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 27: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 5-6 años con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 28: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en niños y niñas con 7-8 años con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M en el Estudio I.

Tabla 29: Descripción de la muestra en el Estudio II, según nivel de CI y género.

Tabla 30: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler en el Estudio II.

Tabla 31: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler en el Estudio II.

Tabla 32: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler en el Estudio II .

Tabla 33: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o superior a 145 en la Escala Wechsler en el Estudio II.

Tabla 34: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o superior a 145 en la Escala Wechsler en el Estudio II.

Tabla 35: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o superior a 130 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 36: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI igual o superior a 130 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 37: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o superior a 130 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 38: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en toda la muestra con un CI igual o superior a 145 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 39: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en las mujeres con un CI igual o superior a 145 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 40: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los varones con un CI igual o superior a 145 en el Stanford-Binet Forma L-M en el Estudio II.

Tabla 41: Descripción de la muestra de niños y niñas diagnosticados como superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.

Tabla 42: Descripción de la muestra de niños y niñas diagnosticados como no superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.

Tabla 43: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de niños y niñas diagnosticados como superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.

Tabla 44: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de niños y niñas diagnosticados como no superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.

Tabla 45: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los niños y niñas diagnosticados como superdotados intelectualmente según definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.

Tabla 46: Índices de correlación entre las variables EEMV en el Benton y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de Wechsler y la EM en el Stanford-Binet en los niños y niñas diagnosticados como no superdotados intelectualmente según definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en el Estudio III.



## **LISTA DE GRÁFICAS**

Gráfica 1: Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función del género, a distintos niveles de CI.

Gráfica 2: Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función de la edad, a distintos niveles de CI.

Gráfica 3: Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función del género, a niveles de CI igual o superior a 130.



# INDICE

	Pág.
Resumen	7
Agradecimientos	9
Introducción	11
Abreviaturas	15
Lista de Figuras	17
Lista de Tablas	19
Lista de Gráficas	25

## PRIMERA PARTE

### CAPÍTULO I: LA INTELIGENCIA

1.1 Pinceladas del concepto de inteligencia	33
1.2. Principales teorías de la inteligencia	42
1.2.1. Teorías psicométricas de las inteligencia	43
1.2.2. Teorías cognitivas de la inteligencia	47
1.3. Estudios diferenciales	50
1.3.1. La inteligencia y los aspectos biologicistas	
1.3.1.1. Las discrepancias anatómicas	52
1.3.1.2. La exploración neurofisiológica	55
1.3.1.3. La teoría de la eficiencia neural	57
1.3.1.4. La hipótesis mielínica	60
1.3.2. La inteligencia y sus correlatos cognitivos	
1.3.2.1. La velocidad de procesamiento	65
1.3.2.2. El papel de la memoria	68
1.3.2.3. La importancia de la memoria de trabajo	69
1.4. Medidas clínicas de la inteligencia en el ámbito psicométrico	73
1.4.1. Tests de Stanford-Binet	74
1.4.2. Las Escalas Wechsler	78
1.5. Los niveles de inteligencia	82
1.5.1. La inteligencia más elevada	84
1.6. Conclusiones	88

## CAPÍTULO II: NEUROPSICOLOGÍA Y MEMORIA VISUAL

2.1. La neuropsicología	
2.1.1. Pinceladas de la neuropsicología	91
2.2. La memoria visual	
2.2.1. Evolución del concepto a lo largo de la historia:	
Primeras evidencias experimentales	94
2.2.2. La memoria de trabajo y el componente visual	98
2.2.3. Un nuevo concepto: la memoria de trabajo visual	101
2.2.4. Estudios sobre la memoria visual	
2.2.4.1. Estudios centrados en la capacidad de la memoria visual	109
2.2.4.2. Estudios centrados en la precisión de la memoria visual	115
2.2.4.3. Los efectos de la similitud y la interferencia en la memoria visual	117
2.2.4.4. La memoria visual y el género	120
2.2.5. Conclusiones	123

## CAPÍTULO III: ESTUDIANDO LA MEMORIA VISUAL JUNTO A LAS HABILIDADES VISUOCONSTRUCTIVAS

3.1. Definición de habilidades visuoconstructivas	127
3.2. La función visuoconstructiva en el dibujo	128
3.2.1. Modelos cognitivos del dibujo	132
3.2.2. No es lo mismo dibujar a la copia que dibujar de memoria	134
3.3. Medición de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas	
3.3.1. Test de Retención Visual de Benton	139
3.3.2. Test de la figura compleja de Rey-Osterrieth	142
3.3.3. Test de Aprendizaje visual de Rey	143
3.4. Conclusiones	143

## CAPÍTULO IV: LA MEMORIA VISUAL Y LAS HABILIDADES VISUOCONSTRUCTIVAS Y SU RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA

4.1. Analizando la relación en sus componentes	147
4.2. El estudio de la memoria visual y habilidades visuoconstructivas a través del Test de Retención Visual de Benton	151
4.3. Conclusiones	153

### SEGUNDA PARTE

## CAPÍTULO V: ESTUDIOS EXPERIMENTALES

5.1. Justificación	157
5.2. Objetivo general	159
5.3. Método	
5.3.1. Diseño de la investigación	159
5.3.2. Variables de estudio	160
5.3.3. Instrumentos	
5.3.3.1. Test de Retención Visual de Benton	161
5.3.3.2. Test de Stanford-Binet Forma L-M	165
5.3.3.3. Escalas Wechsler	
5.3.3.3.1. WPPSI-III	166
5.3.3.3.2. WISC-IV	169
5.4. Muestra	172
5.5. Procedimiento	175
5.6. Estudios	
5.6.1. Estudio I	
5.6.1.1. Objetivos e hipótesis	176
5.6.1.2. Muestra	178
5.6.1.3. Resultados	179
5.6.1.4. Discusión de resultados	192
5.6.1.5. Conclusiones	194

5.6.2. Estudio II	
5.6.2.1. Objetivos e hipótesis	200
5.6.2.2. Muestra	201
5.6.2.3. Resultados	203
5.6.2.4. Discusión de resultados	212
5.6.2.5. Conclusiones	214
5.6.3. Estudio III	
5.6.3.1. Objetivos e hipótesis	219
5.6.3.2. Muestra	219
5.6.3.3. Resultados	221
5.6.3.4. Discusión de resultados	223
5.6.3.5. Conclusiones	224
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES GENERALES	225
CAPÍTULO VII: IMPLICACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	229
Bibliografía	233

## **MARCO TEÓRICO**



# **CAPÍTULO I: LA INTELIGENCIA**

## **1.1. Pinceladas del concepto de inteligencia**

Hacia finales del siglo XIX y principios del XX tienen lugar importantes avances científicos y, con la institucionalización de la Psicología, se inicia el estudio propiamente de la inteligencia y el razonamiento. Spencer fue el encargado de incorporar el concepto de inteligencia al vocabulario de la psicología. Entendía el autor este concepto como “el poder de combinar muchas impresiones separadas” (Spencer, 1855, p.403), lo que venía a explicar que, mientras que en los animales inferiores el proceso de ajuste entre el individuo y su entorno estaba mediado por los instintos, en el hombre dicho proceso estaba mediado por la inteligencia.

Surge el interés por estudiar estas capacidades intelectuales mediante métodos empíricos, susceptibles de análisis experimental y estimable en términos cuantitativos. Así, Sir Francis Galton llevó a cabo el primer intento científico de medir la inteligencia cuando, entre 1884 y 1890, prestaba servicio en el Museo South Kensington de Londres. Para Galton las capacidades mentales podían ser medidas en igual forma que lo eran otras capacidades físicas como la altura, el peso, etc. Según su opinión, la inteligencia podía ser estimada a partir de la evaluación de las funciones sensoriales y motoras:

La única información que nos llega concerniente a los hechos externos parece pasar a través de la avenida de nuestros sentidos; y cuanto más capaces de percibir las diferencias son los sentidos, mayor es el campo en que nuestro juicio e inteligencia pueden actuar (Galton, 1988, p. 106).

Para llevar a cabo tal medición, realizó diferentes pruebas para estimar toda clase de parámetros psicofísicos, entre otros, la agudeza visual, la capacidad respiratoria o la sensibilidad auditiva, a través de los cuáles la gente podía comprobar “su inteligencia” a cambio de una pequeña tasa. Esto supuso que Galton fuera el primer autor en aplicar una metodología de análisis de datos psicológicos con pruebas objetivas. Inauguraba, así, una tradición metodológica que tendría influencia en autores posteriores tan relevantes como Spearman o Burt, y que se prolongaría hasta fechas más actuales.

James McKeen Cattell, psicólogo de la Universidad de Columbia, estaba tan impresionado con los trabajos de Galton que, en 1890, decidió emplear pruebas similares a las que denominó *tests*. Además, Cattell no sólo medía el rendimiento de un sujeto *per se*, sino que lo comparaba con otros sujetos de referencia, por lo que puede decirse que este autor “inauguró” el carácter normativo de los tests.

Sin embargo, desafortunadamente para él, uno de sus alumnos, Clark Wissler, quiso comprobar si las puntuaciones de los tests tenían algún tipo de relación entre sí o con las notas escolares y descubrió que no. Entonces, si los tests no eran capaces de predecir el éxito escolar, ¿para qué servían? Hay que situar, en este punto, el contexto cultural de aquella época, señalando que los primeros años del siglo XX coincidieron con un movimiento de escolarización masiva en Europa, que introdujo nuevas necesidades de organización, clasificación, predicción, etc.

En otro país, Francia, otro psicólogo tuvo mejor suerte; se trataba de Alfred Binet quien, junto a su colega Theodore Simon, desarrolló un test de inteligencia, publicado en 1905, que medía aspectos tales como vocabulario, comprensión y relaciones verbales, entre otros. El test de Binet tuvo tanto éxito a la hora de predecir el rendimiento escolar, que una variación del mismo, denominada “Escala de Inteligencia Stanford-Binet”, no sólo sigue vigente hoy en día sino que es considerada como uno de los tests mundialmente más reconocido y empleado para valorar la inteligencia de un sujeto.

Es preciso recordar que el objetivo de Binet estaba ligado al rendimiento escolar (tema clave de la época) y, específicamente, a obtener un método para poder diferenciar entre niños que presentaban problemas comportamentales pero su nivel de inteligencia

podía considerarse normal, frente a niños con un verdadero retraso mental que justificase su comportamiento disruptivo en el aula. El resultado de este planteamiento inicial fue que los tests fueron diseñados, y aún continúan siéndolo, de forma que predijeran de la mejor manera posible el rendimiento escolar.

A diferencia de Galton, Binet consideraba que la inteligencia no podía ser estimada a partir de análisis de procesos mentales simples, sino que debía ser considerada una medida global:

Casi todos los fenómenos de los que se ocupa la psicología son fenómenos de inteligencia; una sensación, una percepción, son manifestaciones intelectuales, lo mismo que un razonamiento. ¿Debemos recurrir en nuestros exámenes a la medida de la sensación a ejemplo de los psicofísicos? Una breve reflexión nos demuestra que esto no sería sino una pérdida de tiempo. Nos parece que en la inteligencia existe una facultad esencial cuya alteración o ausencia nos resulta de fundamental importancia para la vida práctica. Esta facultad es el juicio (Binet y Simon, 1905, p. 196).

Durante la I Guerra Mundial la evaluación de la inteligencia realmente despegó: se consideraba necesario estimar la capacidad de un individuo cara a su clasificación como recluta y lugar de destino dentro del ejército. Para ello, en 1917, se nombró a Yerkes presidente de una comisión con el objetivo de llevar a cabo tal selección, quien obtenía una medida de la inteligencia general del sujeto a través de la pasación de los Tests *Alfa* y *Beta*, los cuáles evaluaban, entre otros, aspectos tales como el rendimiento del sujeto ante problemas aritméticos, complementación de series, analogías o nivel de información general.

Por su parte, en 1916, Terman publicó la primera revisión sobre la escala ideada por Binet y Simon, en un intento por ofrecer un método de precisión para medir las diferentes capacidades intelectuales. Partió de la escala ya conocida, eliminó algunos ítems, añadió algunos otros nuevos y aplicó procedimientos de estandarización. La capacidad intelectual de un sujeto, según sus resultados en la escala, se estimaba por comparación con los modelos de ejecución de los niños normales en diferentes edades.

Estas estimaciones de la inteligencia se expresaban en valoraciones de *Edad Mental* (EM).

El concepto de EM había sido introducido por Binet en 1908, definiéndolo operativamente como un procedimiento aritmético para puntuar o valorar los resultados de los tests en términos de una escala cronológica. La EM actúa, así mismo, como un método para comparar los elementos del test, de modo que el promedio de los niños de una determinada edad obtenga una puntuación que cuando se transforme en la escala cronológica sea igual a dicha edad. La puntuación así obtenida y expresada en años es la EM.

Uno de los supuestos básicos de Binet era el que una persona se consideraba, a nivel intelectual, como “normal” si podía hacer las cosas que las personas de su edad hacen normalmente; “retrasada”, si la ejecución del test corresponde a personas más jóvenes; y “adelantada”, si sobrepasa a las personas de su edad. Así pues, según Binet y Simon (1905) la EM se caracterizaba por un planteamiento evolutivo, de desarrollo de la inteligencia, donde las capacidades individuales eran contrastadas con el nivel de rendimiento promedio en una determinada edad. Los desfases o avances, en relación a dicho promedio, constituirían los índices de la capacidad intelectual del sujeto.

Además, Terman incorporó el concepto de *Cociente Intelectual* (CI) desarrollado por Stern años antes, en 1912. Stern había introducido dicho término en un intento de cuantificar las diferencias entre la EM y la Edad Cronológica (EC) en un índice numérico. La interpretación del concepto se realizaba de la siguiente forma:  $CI = (EM/EC) \times 100$ , de forma que cuando el sujeto presenta igual EM que EC su CI es igual a 100, considerándose, pues, éste como valor medio. Las puntuaciones superiores a la media en CI vendrían dadas cuando la EM del sujeto supere a su EC: a mayor diferencia entre estas, mayor CI. De igual manera ocurre en el caso contrario, puntuaciones inferiores en CI a 100 vendrán explicadas por una EM inferior a la EC del sujeto.

Aunque no han sido pocas las críticas vertidas sobre el concepto de EM, se ha visto que las puntuaciones de edad tienen una posición firme en la práctica clínica en las evaluaciones infantiles, dado que han mostrado ser de gran utilidad a la hora de responder al interrogante sobre a qué nivel de rendimiento promedio de un grupo de edad se asemeja el rendimiento de un sujeto, cuando resulta insuficiente conocer cómo se ubica entre su grupo de pares.

De esta forma, uno de los grandes teóricos en el campo de la inteligencia como fue Wechsler, quien primeramente se mostró en oposición al concepto de EM, terminó empleando el término de *Edad Equivalente* (EE) en las extensiones de su escala destinada a niños, al ofrecer la posibilidad de transformar las puntuaciones directas en puntuaciones de edad para cada uno de los subtests, y a partir de ahí obtener las edades equivalentes. Estas puntuaciones representan la edad promedio, en años y meses, en la que es más común obtener una determinada puntuación directa.

Así, se fue evolucionando de una concepción de la inteligencia basada en procesos sensoriales y motores, hasta otra más basada en procesos mentales de orden superior. Sin embargo, según Colom y Andrés-Pueyo (1999) este interés por la exploración de la inteligencia humana se estancó durante los años 60 por diversos motivos, entre los cuáles cabe señalar la existencia de modelos de la estructura de la inteligencia poco convergentes, el desconocimiento de los mecanismos funcionales subyacentes a la misma, la crisis de los métodos de análisis basados en la correlación y del análisis factorial y las duras críticas realizadas a los tests de inteligencia (y por extensión al CI) desde posturas ambientales radicales.

En relación a este último punto, los tests de inteligencia y el concepto CI fueron sometidos a duros juicios críticos desde casi el momento de su aparición, alegando que el término CI postulaba un clasicismo en favor de los más dotados, ya que los sujetos eran clasificados acorde una etiqueta numérica que les llevaba a ser situados en una u otra categoría (Ovejero, 2003). No hay que olvidar que los primeros tests de inteligencia, *Alfa* y *Beta*, fueron diseñados con el objetivo de evaluar la capacidad intelectual de los soldados para determinar sus funciones en el ejército y establecer su idoneidad para el puesto a ocupar.

Resultó paradójico que mientras que los tests habían sido inicialmente acogidos con entusiasmo por suponer oportunidades en el ámbito educativo (su acogida fue tan buena que poco antes del estallido de la I Guerra Mundial se da un reconocimiento institucional al papel de los tests en el procedimiento diagnóstico), se volvieron una peligrosa arma en el terreno político. Por ejemplo, en los años 70 se creó en Estados Unidos una fuerte corriente política de rechazo a los gastos de educación para negros y

pobres después de que Jensen publicara, en 1969, su artículo que recogía los datos de trabajos previos acerca de la alta heredabilidad de la inteligencia, interpretando en base a ésta toda una serie de problemas sociales de actualidad en aquel momento: discriminación racial, educación compensatoria y diferencias sociales.

El artículo de Jensen supuso el punto de partida para el resurgir del determinismo biológico en la inteligencia. Autores como Herrnstein o Eysenck se sumaron al debate de las desigualdades sociales e inteligencia, con repercusiones en el ámbito de la política. Las políticas educativas, desde la teoría hereditaria de la inteligencia, se entendían como un proceso de selección de talentos naturales. Los defensores de esta teoría alegaban que dada la imposibilidad de moldear rasgos fuertemente hereditarios, no se podía esperar que mejoras en los métodos de instrucción eliminen las diferencias innatas de capacidad intelectual que se dan entre los individuos (López y Luján, 1989).

La publicación de la obra *The Bell Curve*, que Herrnstein y Murray hicieron en 1994, llevó a un punto álgido esta controversia. La publicación tenía como objetivo principal explicar las variaciones en inteligencia dentro de la sociedad americana, y para ello los autores, empleando principalmente resultados a tests cognitivos clásicos, demostraron cómo niveles bajos de inteligencia influían en la vida de los sujetos, o incluso en grupos enteros de la sociedad americana, dada su relación con aspectos tan diversos como el salario, la conducta delictiva o la competencia para ser padres, entre otros.

Aunque los planteamientos de la obra tenían su base en defender la existencia del concepto de inteligencia o habilidad cognitiva y la validez de los tests para medirla y cuantificarla, la obra planteó un enorme debate a raíz de los contenidos polémicos respecto a la relación entre inteligencia y raza. Los autores observaron diferencias de CI, de entre 15 y 18 puntos, en distintos grupos étnicos, destacando las notablemente puntuaciones más bajas en los sujetos de raza negra. La obra fue ampliamente criticada por entender que fomentaba el racismo y la discriminación.

Fue tal la polémica suscitada que algunos expertos en el tema consideraron que podía entenderse una noción de inteligencia pasada de moda y pseudocientífica la defendida por Herrnstein y Murray. Resultado de ello fue que Gottfredson (1997), junto

a algunos de los investigadores más relevantes del campo de la inteligencia en aquella época, entre ellos Carroll, Jensen, Kaufman o Vernon, suscribieron un manifiesto, publicado el 13 de diciembre de 1994 en la prestigiosa revista *Wall Street Journal*, para establecer una serie de puntos básicos sobre el estudio científico de la misma a lo largo de los años.

Hay que mencionar que la llegada del paradigma cognitivo a la psicología, junto con otras influencias importantes, como por ejemplo el interés por el papel de la inteligencia en el ciclo vital, así como el auge y difusión de las técnicas de análisis de datos multivariada, permitió nuevos enfoques en el área de la investigación sobre las capacidades intelectuales, dando como resultado “un importante entusiasmo y el desarrollo de nuevos programas de investigación sobre la inteligencia en los que se pretendía resolver algunos problemas o enigmas acerca de la estructura y funcionamiento de la misma” (Colom y Andrés-Pueyo, 1999, p. 454).

Según Gottfredson (1997), la inteligencia podía ser definida como una capacidad mental muy general que incluía, entre otras, la capacidad de razonar, planificar, resolver problemas, pensar de forma abstracta, comprender ideas complejas, aprender rápidamente y aprender de la experiencia; cualidades adecuadamente medibles a través de los tests de inteligencia.

La distribución de las personas según su rendimiento en estos tests, podía representarse mediante una distribución normal, donde la mayor parte de las personas se situaban alrededor del punto medio de dicha curva (CI=100). Este concepto de CI estaba estrechamente relacionado, probablemente más que ningún otro rasgo humano medible, a muchos de los resultados importantes educativos, ocupacionales, económicos y sociales, y aunque se consideraba altamente hereditario, no dejaba de verse influenciado por el ambiente. De hecho, las diferencias individuales en inteligencia se explicaban debidas tanto a factores genéticos como ambientales, estimándose que la influencia de la herencia variaba de .4 a .8 (en un rango de 0 a 1).

De forma más reciente, Nisbett et al. (2012) han publicado un artículo en relación a nuevos hallazgos y desarrollos teóricos en el campo de la inteligencia con el objetivo de actualizar los conocimientos varios años después del escrito anteriormente referido, destacándose los adelantos en el campo de la neurociencia.

En este área, uno de los hallazgos más claros y recientes de la investigación cerebral, ha sido la confirmación de la asociación entre actividad en el córtex prefrontal y la actuación en tareas de razonamiento fluido y función ejecutiva y memoria de trabajo, mientras que otros aspectos de la capacidad mental agrupados bajo la denominación de inteligencia cristalizada aparecen menos afectados cuando existe lesión en esta área cerebral.

Hay que señalar que la diferenciación entre una inteligencia fluida y una cristalizada había sido anteriormente introducida por Raymond Cattell (1963) para referirse a la primera como la capacidad para adaptarse y afrontar situaciones nuevas de forma flexible, mientras que la segunda tiene que ver con el conjunto de capacidades, estrategias y conocimientos, que representa el nivel de desarrollo cognitivo alcanzado a través de la historia de aprendizaje del sujeto.

En confirmación a la distinción en investigación clínica entre áreas cerebrales importantes para la inteligencia fluida y la inteligencia cristalizada, un elevado número de estudios con neuroimagen ha demostrado que el rendimiento en tareas de razonamiento fluido requerido en el Test de Matrices Progresivas de Raven (Raven, Court y Raven, 1991), tales como memoria de trabajo y función ejecutiva, depende del circuito neural asociado con el córtex prefrontal y que se extiende también a través del neocórtex, incluyendo el córtex superior parietal temporal y el occipital, así como regiones subcorticales, concretamente el núcleo estriado.

Esto también tiene que ver con el hallazgo de que los individuos con capacidad cognitiva más alta exhiben mayor eficiencia a nivel neuronal, es decir, son capaces de resolver problemas de forma más rápida y con menor actividad cortical, concretamente en el córtex prefrontal, que individuos con menor capacidad cognitiva (Neubauer y Fink, 2009).

Otras de las áreas objeto de estudio a lo largo de las últimas décadas han sido las diferencias de CI entre subgrupos, entre los que el referido al género ha provocado más controversia y debate. Así, Johnson y Bouchard (2007) evaluaron la inteligencia de hombres y mujeres con una batería de 42 tests de capacidad mental, encontrando que apenas existían diferencias entre ambos sexos. Sin embargo, las pocas diferencias que observaron, de una desviación típica de .5 o mayor, incluían una ventaja para las

mujeres en habilidades verbales, tales como fluencia y memoria, y una ventaja para los hombres de habilidades visuoespaciales, tales como rotación de objetos.

También se han observado diferencias en relación a variaciones de estructura cerebral e inteligencia entre hombre y mujeres, a pesar de las cuáles unos y otros obtienen similares resultados de CI cuando son evaluados a través de tests de inteligencia, sugiriéndose, pues, que “no existe una única estructura neuroanatómica subyacente a la inteligencia general” (Haier, Jung, Yeo, Head y Alkire, 2005, p.320). Un análisis más detallado de estas y otras cuestiones será planteado a lo largo del presente trabajo.

Así pues, como puede verse, la evolución de la inteligencia a lo largo de la historia no ha sido algo uniformemente lineal: desde los planteamientos más iniciales, de corte puramente filosófico donde el concepto de inteligencia está sustancialmente unido a la capacidad de *entendimiento* (objeto de la propia filosofía), pasando por concepciones más empiristas y sensoriales (externalización) y concepciones más cognitivas (internalización), hasta llegar a planteamientos más neurocientíficos, en la medida en que la ciencia ha avanzado y permitido acceder hasta donde, hace años, era impensable llegar.

Todo ello, sin olvidar hacer mención a otras ciencias que también han influido en la concepción actual del término, como han sido: la etología, con los estudios comparativos de la inteligencia en humanos y en animales; la sociología, dando sentido al término en función del significado que le atribuye cada cultura, destacando la acepción de la inteligencia como destreza; o la inteligencia artificial (I.A.) como último reto en el conocimiento de la inteligencia.

En general, la I.A. no sólo ha generado una influyente metáfora de la mente, siendo la arquitectura de los sistemas informáticos una referencia explícita para sondear la arquitectura mental humana, sino que ha provisto de numerosos conceptos a la Psicología Cognitiva; conceptos como la memoria de trabajo, los procesos básicos... (Castelló, 2001, p. 66).

Para finalizar parece adecuado introducir la actual definición del término inteligencia, dada por el diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2014), que recoge muchas de las concepciones que se han ido mencionando en torno al concepto de inteligencia.

Inteligencia, del lat. *Intelligentiā*, f. 1. Capacidad de entender o comprender. 2. Capacidad de resolver problemas. 3. Conocimiento, comprensión, acto de entender. 4. Sentido en que se puede tomar una proposición, un dicho o una expresión. 5. Habilidad, destreza y experiencia. 6. Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí. 7. Sustancia puramente espiritual... (p. 1252).

## **1.2. Principales Teorías de la inteligencia**

De las tradiciones filosóficas, que entendían la inteligencia como una cualidad única y omnipresente de origen biológico, surgen los primeros modelos teóricos, representados por Binet, Terman o Stern, que conciben la inteligencia como una única variable. Estos modelos han sido denominados como teorías monolíticas de la inteligencia, y han aportado conceptos al ámbito del estudio de la misma, tan relevantes como EM o CI, ya vistos. Bajo este enfoque se partía de la concepción de que al ser una única variable, la inteligencia debía estar presente en todas y cada una de las actividades que requirieran algún tipo de actividad mental, aunque en diferente intensidad.

Siguiendo la tradición iniciada por Galton, Spearman consideró la inteligencia como una aptitud general, en cuya base se encuentran procesos sensoriales y perceptivos. Pese a que la idea de capacidad mental ya se intuía en los trabajos de Galton, éste nunca la expresó en términos de un solo factor general de inteligencia, y no fue hasta la publicación de su trabajo *General intelligence, objectively determined and measured* (1904) cuando se considera de forma explícita a esta capacidad mental como un único factor general de inteligencia.

En sus investigaciones, Spearman, continuando con el paradigma de su antecesor, identificaba la inteligencia general con la capacidad de discriminación sensorial, relacionando las puntuaciones de una muestra de niños en una serie de tests sensoriales con sus puntuaciones en rendimiento académico, y llegando a la conclusión de que la hipótesis de Galton era correcta en cuanto que el elemento común y esencial

de la inteligencia coincide con el elemento esencial y común de las funciones sensoriales.

Hablaba así Spearman (1923) de la inteligencia como una capacidad general única *g*, acompañada por un gran número de capacidades altamente específicas *s*. Mientras el factor *g* se presenta como la capacidad del ser humano para buscar leyes o principios generales que le permitan alcanzar la solución de los problemas, los factores *s* actúan como los mecanismos que posibilitan alcanzar dicho fin.

### 1.2.1. Teorías psicométricas de la inteligencia

A partir de los trabajos de Spearman, se considera el inicio del desarrollo de los grandes modelos teóricos de la inteligencia conocidos como teorías psicométricas. Se denomina así al grupo de teorías que entendían la inteligencia como una jerarquía de factores, cuyo estudio y análisis era realizado en base a procedimientos matemáticos resultado de medir y comparar el rendimiento de un sujeto con otros, a través de análisis factoriales. Autores representativos de este enfoque son Burt o Vernon.

En la teoría defendida por Burt (1949), la inteligencia estaría formada por un conjunto de factores distribuidos de forma jerárquica ordenada en términos de la complejidad cognoscitiva, cuyo nivel más bajo lo ocupa el proceso sensorial y motor. En los niveles inmediato superior se incluyen los procesos perceptuales y movimientos coordinados y procesos de asociación de memoria y de formación de hábitos. Todos ellos se conducen bajo la dirección del factor de inteligencia general y de los procesos de relaciones.

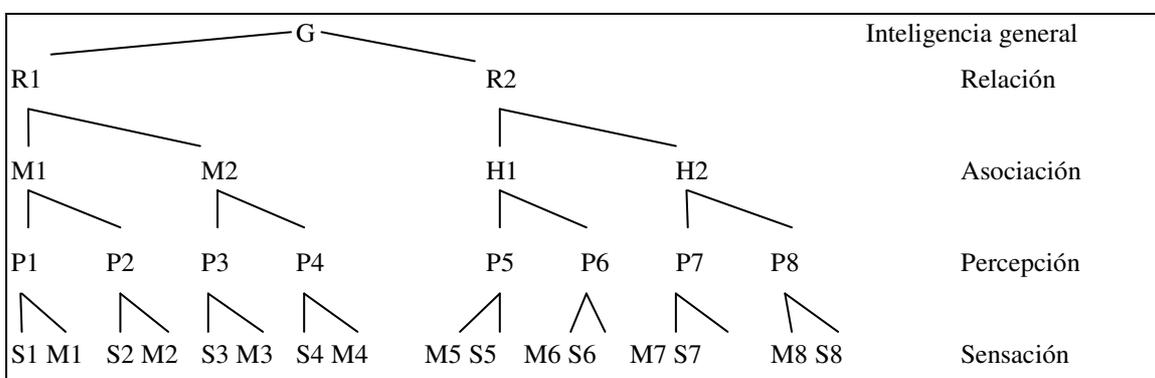


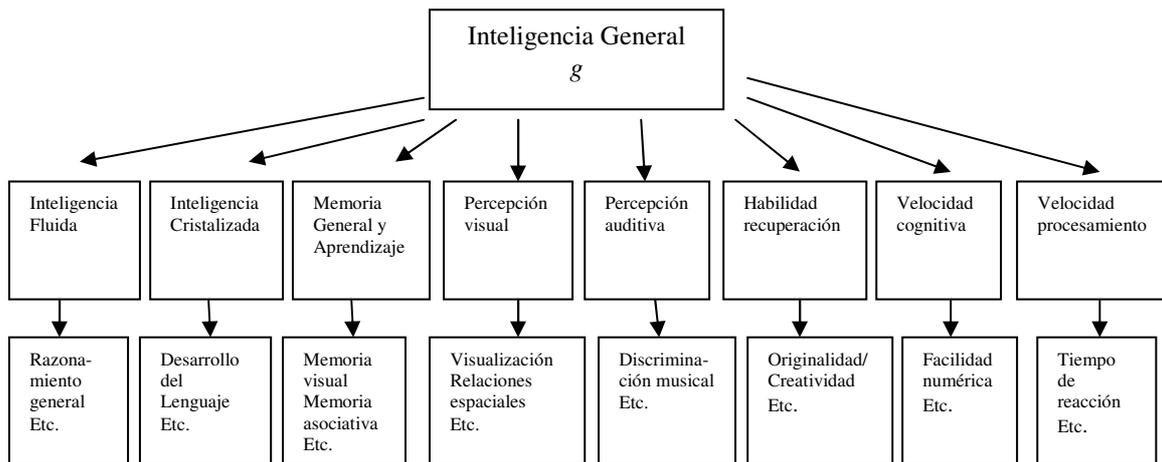
Figura 1: Representación esquemática del modelo factorial de Burt (1949)

Vernon, por su parte, definió en 1950 un sistema de inteligencia más simple, estructurado en un modelo factorial de únicamente tres niveles: un factor general ( $g$ ), factores de grupo mayores y menores y factores específicos. El factor  $g$ , según el modelo, es definido como inteligencia fluida-analítica, capacidad de inducción, deducción y razonamiento. Los factores mayores de grupo incluían a su vez aspectos verbales factores de fluencia, numéricos y educativos; y por otra, factores prácticos, mecánicos, físicos, espaciales y motores.

Algunos años después Horn y Cattell (1966) desarrollaron un modelo algo más avanzado, conociéndose como el Modelo de Cattell-Horn ( $Gf-Gc$ ). En este modelo, los autores defendían que a partir de la combinación de la inteligencia fluida y cristalizada surgían las aptitudes primarias. Así, relacionaron la inteligencia fluida con el razonamiento inductivo, el razonamiento deductivo, la cognición de las relaciones figurales, la clasificación de figuras y la amplitud de memoria; mientras que la inteligencia cristalizada se relacionaba con la comprensión verbal, el conocimiento mecánico, la aptitud numérica, la aptitud de juicio y la evaluación de sistemas semánticos. En este segundo nivel aparecían además otros factores de menor peso: la rapidez cognitiva, la capacidad de recuerdo y la visualización.

De forma similar a este modelo jerárquico de tres niveles, Carroll desarrolló su Modelo de los Tres Estratos (1993). Basado en una serie de datos empíricos y el análisis factorial, Carroll propuso un modelo de las habilidades cognitivas estructurado en tres estratos o niveles diferentes, en la cual el factor  $g$  o inteligencia general precede todo el funcionamiento intelectual de una persona (Estrato III).

El Estrato II incluye ocho amplias áreas de capacidad: inteligencia fluida, inteligencia cristalizada, memoria general y aprendizaje, amplia percepción visual, amplia percepción auditiva, amplia capacidad de recuperación, velocidad cognitiva y velocidad de procesamiento. Estas ocho áreas se especifican en un total de 70 subfactores que se incluyen en el Estrato I. Entre estos 70 subfactores podemos encontrar el razonamiento, la creatividad y los factores de fluencia, entre otros.



**Figura 2: Representación esquemática de la Teoría de los Tres Estratos de Carroll (1993).**

De acuerdo con las conclusiones de Carroll (1993), que recogen resumidamente las de teóricos anteriores, las habilidades y destrezas implicadas en la resolución de las diferentes pruebas de razonamiento resultan indicativas del nivel general de inteligencia: la eficacia del razonamiento humano depende del buen funcionamiento de los procesos perceptivos, de la capacidad de comprensión, de la fluidez mental, de la memoria de trabajo, de la velocidad de procesamiento de la información, etc. Es decir, de todas aquellas competencias, capacidades, habilidades, factores o procesos que, de una u otra forma, se identifican con el concepto de inteligencia.

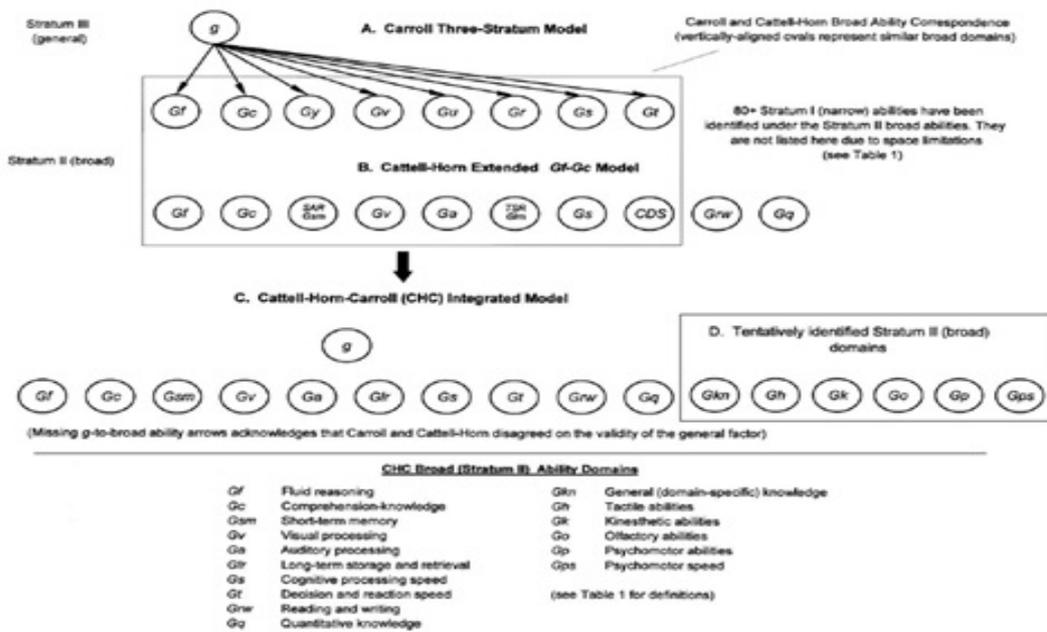
Se ha señalado que “el problema de la existencia de diferentes modelos de inteligencia se ha resuelto y se ha llegado a la formulación de un solo modelo integrador aceptado mayoritariamente: el modelo de Carroll, 1993” (Colom y Andrés-Pueyo, 1999, p. 454). La aceptación mayoritaria de este modelo como integrador de los avances en las teorías de la inteligencia, le hizo convertirse en fundamento teórico en la revisión de los principales tests de inteligencia. Así, la *Wechsler Intelligence Scale for Children, Fourth Edition (WISC-IV)* y el *Stanford-Binet (SB)*, 5ª edición, han utilizado el modelo de Carroll (1993) de la estructura de las capacidades cognitivas para facilitar la selección de subtests y factores y dirigir una interpretación de las puntuaciones obtenidas (Alfonso et al., 2005).

Recientemente, el modelo jerárquico de Carroll y la teoría de Gf-Gc de Cattell-Horn se han fundido en el modelo de Cattell-Horn-Carroll o CHC, dado las similitudes entre ellos: ambos modelos incluían la distinción de inteligencias Gf y Gc y similares

habilidades de procesamiento sensorial (auditivo, visual...), entre otras. McGrew (2009) consideró que los dos modelos podrían ser integrados en uno más amplio que incorporara tanto la idea de una inteligencia general (*g*) como la consideración de aptitudes mentales específicas, resultando en un modelo jerárquico de tres estratos que incluye más de 70 habilidades en el nivel I, ocho habilidades más amplias en el estrato II y un factor general en el extremo superior de la jerarquía (estrato III) (ver Figura 3).

Entre las habilidades del segundo estrato se encuentran la inteligencia fluida (*Gf*) y cristalizada (*Gc*), el conocimiento cuantitativo (*Gq*), la memoria a corto plazo (*Gsm*), el procesamiento visual (*Gv*), el procesamiento auditivo (*Ga*), el almacenamiento y recuperación a largo plazo (*Glr*) y la velocidad de procesamiento (*Gs*).

En este modelo, la Memoria Visual (*Mv*), habilidad para formar y almacenar una representación o imagen mental de un estímulo visual y después reconocerla o recordarla, aparece sita entre las habilidades de Procesamiento visual (*Gv*), diferenciándose de la memoria a corto plazo (*Gsm*) como parte del constructo Memoria de Trabajo, mecanismo responsable del almacenamiento y procesamiento temporal de la información, y del almacenamiento y recuperación a largo plazo (*Glr*).



**Figura 3: Representación esquemática y comparaciones del modelo de los tres estratos de Carroll, el modelo de Gf-Gc de Cattell-Horn y el modelo integrado Cattell-Horn-Carroll según McGrew (2009). Imagen tomada de <http://psychometrics-blog.rightpeople.com.au/2012/theory-based-cognitive-tests/>**

La fortaleza de este modelo para Daniel (1997) reside en que “proviene tras sintetizar cientos de análisis factoriales desarrollados durante décadas por investigadores independientes empleando diferentes tests. Nunca antes un modelo psicométrico había estado tan fundamentado en los datos” (citado en Alfonso, Flanagan y Radwan, 2005, p.192). O como señalan Evans, Floyd, McGrew y Legforjee (2002), “el modelo CHC está basado en más de medio siglo de investigaciones factoriales, estudios sobre habilidades cognitivas, investigaciones sobre heredabilidad y análisis neurocognitivos que han contribuido a su sólida base” (p. 247).

Por otra parte, se ha puesto de manifiesto la posibilidad de integrar los fundamentos teóricos del modelo de Cattell-Horn-Carroll con la evaluación neuropsicológica, al observar asociaciones entre determinadas medidas neuropsicológicas y diferentes constructos del modelo CHC, viniendo a llenar el hueco existente entre la valoración neuropsicológica, que ha sido tradicionalmente no-teórica, y modelos tradicionales de inteligencia y habilidades cognitivas derivados de procedimientos estadísticos (Brinkman, Decker y Dean, 2005).

Así, McGrew y Flanagan (1998) establecieron que el subtest Design Memory del Wide Range Assessment of Memory and Learning (WRAML), incluido en el Intelligence Test Desk Reference (ITDR), donde la tarea requerida es la reproducción de un diseño desde la memoria, reflejaba la habilidad específica de la memoria visual (Gv - MV). La similitud entre este test y el Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Meyers y Meyers, 1995), también permitió comprobar la asociación entre la tarea neuropsicológica y el modelo CHC, confirmándose de nuevo la presencia de las dimensiones Gv y Glr (Hartmann, Kruuse y Nyborg, 2007; Pontón, González, Hernández, Herrera e Higareda, 2000).

### **1.2.2. Teorías cognitivas de la inteligencia**

Paralelamente al desarrollo del enfoque psicométrico de la inteligencia, aparecieron nuevos enfoques. Durante los años 60-70 se llegó a un punto de agotamiento en el que el análisis factorial parecía no poder aportar más en la

construcción de la inteligencia. La llegada del paradigma cognitivo al campo de la psicología introdujo, entre otras cosas, aires de renovación en el campo del entendimiento de la inteligencia.

Destacan las teorías del Procesamiento de la Información que abordan el problema de la naturaleza de la inteligencia describiéndola como un sistema de procesamiento en el que se produce la codificación, almacenamiento, organización y recuperación de la información para llevar a cabo diferentes tareas. Se describen como procesos intermedios que ocurren entre la presentación del estímulo y la respuesta, de forma que cualquier comportamiento, por complejo que sea, es susceptible de ser reducido a un pequeño conjunto de procesos básicos que operan secuencialmente o en paralelo en la mente del sujeto.

El resultado de esta posibilidad de “descomponer” la actividad cognitiva da lugar a teorías que la analizan, deteniéndose en niveles diferentes en función del grado de precisión y molecularidad de los procesos que tienen en cuenta.

Por ejemplo, en el contexto de su teoría triárquica de la inteligencia, Sternberg (1985) identifica tres clases de componentes cognitivos a la hora de dar cuenta de los mecanismos mentales que subyacen al funcionamiento inteligente (subteoría componencial): los metacomponentes, los componentes de ejecución y los componentes de adquisición de conocimientos. Señala, además, la relación interactiva que existe entre éstos, de forma que ninguno de ellos puede actuar de forma aislada o independiente, con los metacomponentes dirigiendo la ejecución y los componentes de adquisición del conocimiento, y estos últimos proveyendo *feedback* a los metacomponentes.

Los tres tipos de componentes se aplican a tareas y situaciones que varían en función de los niveles de experiencia individual. Así pues, la subteoría experiencial, que es la segunda de las tres subteorías de la teoría de Sternberg, se vincula más a lo que podría llamarse *inteligencia creativa*. Ella se relaciona tanto con el mundo interno como externo del sujeto, proponiendo que una tarea mide la inteligencia como una función que requiere una o dos habilidades a la vez: la habilidad de enfrentarse a nuevos tipos de tarea y exigencias situacionales y la habilidad de automatizar la elaboración de la información. Para el autor, las tareas y situaciones que miden más adecuadamente el

rendimiento inteligente son aquéllas que suponen una novedad en la experiencia del sujeto o bien cuando éste está tan acostumbrado a la situación, que su resolución se convierte en automática.

Cuando el sujeto se enfrenta a una tarea novedosa, al principio ésta le requerirá un mayor bagaje cognitivo, pero al cabo de varias repeticiones, el sujeto dominará la tarea y será capaz de incluso poder llegar a automatizarla. Ejemplo de tales conductas, señala el autor, podrían ser la lectura, la conducción, etc.

Si las tareas complejas pueden ejecutarse únicamente cuando están automatizados muchos procesos mentales, un fallo en esta automatización provocaría errores o dificultades en el procesamiento de la información y entonces como resultado se obtendría un rendimiento inferior en la ejecución de la tarea o un comportamiento menos inteligente. Las operaciones intelectuales realizadas sin problemas y automáticamente por sujetos más inteligentes, se llevan a cabo vacilando y con más esfuerzo consciente por parte de sujetos menos inteligentes. La conclusión es que los sujetos que son intelectualmente más capaces, automatizan mejor las operaciones implicadas en el procesamiento de la información (Sternberg y Davidson, 1985).

Se trata, así pues, no sólo de conocer la naturaleza de todos y cada uno de esos componentes, sino también de saber la manera en que están organizados, de forma que la ejecución en una determinada tarea no dependerá tanto de la eficiencia individual de los componentes aislados, sino del modo y concierto en que éstos se aplican. Este nuevo interés en el estudio de la “arquitectura” de la mente ha dado lugar a diferentes modelos teóricos, entre los que se puede señalar el Modelo de Memoria de Atkinson y Shiffrin (1968), quienes diferencian tres estructuras funcionales que operan en concierto para dar cuenta del procesamiento de la información humana: registros sensoriales, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo.

De acuerdo con Sternberg (1982), las teorías del procesamiento de la información no vienen a sustituir a las teorías psicométricas de la inteligencia, sino que más bien las complementan. Mientras que las primeras se centran principalmente en la cuestión de qué constelaciones estructurales de procesos, contenidos y representaciones

dan lugar a modelos estables de diferencias individuales, las segundas intentan identificar realmente los procesos, contenidos y representaciones individuales.

Aunque hay importantes diferencias entre la teoría componencial y las teorías factoriales y sus métodos a través de los cuales aparecen... me gustaría enfatizar que estas dos clases de teorías son complementarias, más que opuestas: ninguna es intrínsecamente mejor que la otra (...) La verdad es que tanto la concepción componencial como la del análisis factorial de la inteligencia han llegado a conclusiones semejantes a través de sus respectivos métodos (Sternberg, 1981, p. 87).

Igualmente, Benito, Moro y Alonso (2009) consideran que ambos modelos son complementarios, dado que los factores de inteligencia se pueden entender en términos de los procesos que intervienen en ellos y señalan como llamativo el hecho de que “teorías consideradas como ‘modernas’ apunten a definiciones similares sobre el concepto de inteligencia que recuerdan mucho a teorías más ‘clásicas’, como pueden ser las de Binet y Simon o las de Wechsler” (p. 15).

Tanto los modelos psicométricos como los cognitivos de la inteligencia “cuentan además con el apoyo empírico de la existencia de relación entre algunas pruebas neuropsicológicas y los tests de inteligencia fundados y fundamentados en base a los términos psicométricos y cognitivos” (Benito, Moro, Alonso y Guerra, 2014, p.21).

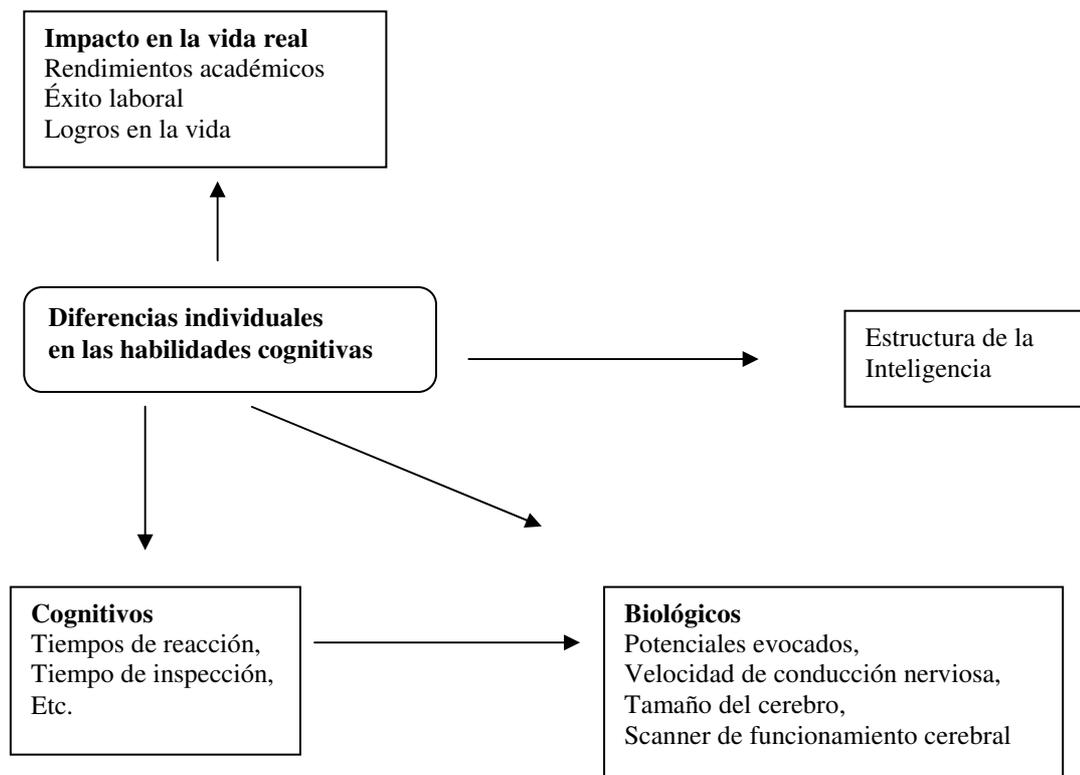
Así, las investigaciones llevadas a cabo tanto por Guerra (2002) como por Valadez (2005, citada en Benito et al., 2014), ponen de manifiesto que la inteligencia medida a través de tests psicométricos de la inteligencia guarda relación con el desarrollo de los procesos de maduración neurobiológica del cerebro; aspectos que serán abordados más detenidamente en los siguientes apartados.

### **1.3. Estudios diferenciales**

El enfoque de las diferencias individuales en el estudio de la inteligencia psicométrica analiza los procesos y mecanismos subyacentes a la misma, cuyos estudios se presentan contenidos dentro de dos grandes grupos: la aproximación biológica y la

aproximación cognitiva. Como señalan algunos autores, ambas aproximaciones, aunque difieren en sus metodologías y asunciones, no están en contradicción, sino que se complementan y superponen, ya que presentan dependencia la una de la otra para la explicación de sus resultados (Deary y Caryl, 1997).

Los estudios psicométricos trazan un mapa de los dominios de las capacidades mentales y su estructura, pero no revelan las consecuencias o las causas de las diferencias en inteligencia que emergen de los estudios de validez predictiva o reduccionista respectivamente (Deary y Caryl, 1997, p. 366).



**Figura 4: La investigación en las diferencias de inteligencia humana. Adaptado de Deary y Caryl, 1997.**

Dentro de la aproximación biológica, se busca el establecimiento de relaciones entre variables conductuales o psicométricas (CI) y variables biológicas (por ejemplo, los niveles de metabolización de la glucosa cerebral), mientras que desde la aproximación cognitiva se incluyen las investigaciones sobre el estudio de las asociaciones entre la inteligencia psicométrica y los parámetros de varios paradigmas

bajo el enfoque de los correlatos cognitivos (por ejemplo, la velocidad de procesamiento de la información).

### **1.3.1. La inteligencia y los aspectos biologicistas**

Cuando se habla de inteligencia, el término “cerebro” emerge inexorablemente vinculado. Obviamente sin un cerebro que “trabaje”, no puede existir inteligencia. El cerebro es considerado como la base en la que ocurren los procesos que explican la inteligencia. Por ello, resulta lógico entender que muchos de los intentos que han tenido que ver con la explicación de la inteligencia, desde un punto de vista biológico, se hayan centrado en analizar, a priori, las diferencias a este nivel, intentando encontrar relaciones entre la inteligencia, medida a través de puntuaciones CI, y el tamaño del cerebro.

#### **1.3.1.1. Las discrepancias anatómicas**

La idea de que las personas más inteligentes podrían tener cerebros más grandes es algo que ya estaba presente muchos años atrás, en los escritos de Huarte (1989). Esta idea fue retomada posteriormente por otros autores, entre ellos Galton o Pearson, llegando a la conclusión de que tal medición no podía ser un modo práctico de evaluar la capacidad mental de un sujeto. De este modo señalaba Pearson al respecto:

...there is a slight correlation between size of head and general intelligence... that correlation is so small that it would be absolutely idle to endeavour to predict the intellectual ability of an individual from his or her head measurements (Pearson, 1906, p. 105).

Vernon, Vickett, Bazana y Stelmack (2000) resumen los resultados de estudios desde 1906 hasta 1998 que presentan correlaciones entre varios parámetros antropométricos de tamaño craneal (principalmente el perímetro de la cabeza) y varias medidas de inteligencia psicométrica (CI) con un valor promedio aproximado de .20. Dada la imprecisión de los instrumentos de medida empleados y la poca fiabilidad que generaban, estas relaciones fueron tomadas con escepticismo.

Sin embargo, el interés por tal tipo de relación no decayó y con el paso de los años y la aparición de novedosas técnicas, los investigadores pasaron directamente a poder medir el tamaño del cerebro usando herramientas tales como, por ejemplo, las imágenes por resonancia magnética. Así, se ha encontrado una correlación media entre ambas variables de .416 (Miller y Penke, 2007), corroborando las correlaciones aproximadas a .4 entre el tamaño del cerebro y las puntuaciones obtenidas en diversos tests cognitivos en seis investigaciones independientes llevadas a cabo entre 1991 y 1995 (Deary y Caryl, 1997).

Si bien, estas explicaciones acerca del efecto positivo del tamaño del cerebro no ofrecen gran garantía como muestran algunos ejemplos empíricos: ciertos trastornos del desarrollo, por ejemplo el autismo, pueden incluir macroencefalia, y aunque el cerebro masculino puede, por media, ser mayor que el de la mujer, esto no sirve para concluir que el hombre es más inteligente que la mujer (Walhovd et al., 2005a).

Autores previos ya habían sugerido al respecto que la inteligencia de los varones podía estar más relacionada con el tamaño del cerebro, mientras que la de las mujeres tendría que ver con una mayor eficiencia neuronal o una organización cerebral diferente que compensara el menor tamaño cerebral, entre otras explicaciones (Willerman, Schultz, Rutledge y Bigler, 1991). Yan et al. (2011) argumentaron que un mayor porcentaje de materia gris en cerebros más pequeños incrementa la proporción de tejido disponible para los procesos cognitivos, hecho que encontraron relacionado con el género femenino.

Igualmente se ha visto que, independientemente del tamaño cerebral, existen diferencias anatómicas en base al género a nivel de la corteza cerebral y de determinadas estructuras cerebrales como pueden ser el hipocampo, la amígdala o el cuerpo calloso que podrían contribuir a una mayor aclaración en el campo de las diferencias de inteligencia en hombres y mujeres (Dunst, Benedek, Koschutnig, Jauk y Neubauer, 2014a; Koolschijn y Crone, 2013).

Un segundo paso, entonces, fue explorar no todo el cerebro en general, sino determinadas partes del mismo que estuvieran diferenciadas en los sujetos en función de

su nivel de inteligencia o género; los métodos modernos de neuroimágenes han contribuido de forma considerable a nuestra comprensión de la neurobiología de la inteligencia (Luders, Narr, Thompson y Toga, 2009a).

A través del empleo de técnicas como la Tomografía Axial Computerizada (TAC), la Imagen por Resonancia Magnética (IRM) o la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP), se han puesto de manifiesto asociaciones significativas entre la inteligencia y los lóbulos parietales, frontales y temporales, el hipocampo y el cerebelo; lo cual tiene sentido si consideramos que la inteligencia viene a reflejar diversos tipos de tareas que han sido atribuidas a diferentes partes del cerebro: las tareas verbales al lóbulo frontal inferior izquierdo y lóbulo temporal posterior, las demandas visuoespaciales al lóbulo parietal, la codificación y recuerdo de la información al hipocampo, y las tareas ejecutivas que incluyen resolución de problemas, planificación, razonamiento, etc. a la corteza frontal (Luders et al., 2009a).

En el caso concreto del hipocampo, análisis más recientes han postulado incluso una especialización de la función de la memoria acorde al material empleado, de forma que se relaciona el hemisferio izquierdo hemicámpico para el material verbal y el derecho para el material visuoespacial (Orozco-Giménez, Pastor-Pons, Meersmans Sánchez-Jofré, Verdejo y Pérez-García, 2005). En un estudio de Sluming et al. (2005) se puso de manifiesto cómo el hipocampo presentaba un volumen incrementado en el caso de músicos, encontrando que éstos rendían significativamente mejor ante tareas de memoria visual que sujetos no-músicos, y su rendimiento correlacionaba de manera positiva con el volumen derecho del hipocampo.

También se ha observado que existe una especialización en cuanto a la zona anterior y posterior del hipocampo, encontrándose que las mujeres presentan una mayor región posterior, de hasta un 4%, que los hombres, lo cual resulta como poco llamativo, dado que esta zona se ha asociado más a la función de la memoria espacial (Persson et al., 2014).

### 1.3.1.2. La exploración neurofisiológica

Otros niveles, en el área biológica, en los que se ha estudiado la relación de la inteligencia han sido los potenciales evocados, la velocidad de conducción nerviosa o el escáner de funcionamiento cerebral (Deary y Caryl, 1997).

Se entienden los potenciales evocados, de forma resumida, como la manifestación, a través de técnicas como la electroencefalografía (EEG) o la electromiografía (EMG), del cambio de potencial eléctrico producido por el sistema nervioso en respuesta a una estimulación sensorial de tipo visual, auditiva, etc.

Los trabajos sobre este tema no dejan dudas de que las diferencias a nivel de inteligencia se reflejan en las respuestas cerebrales ante estímulos simples. Esta visión recuerda mucho a los postulados de Galton relacionados con la medida de las diferencias individuales en la capacidad de discriminación que varían con las diferencias individuales en los umbrales sensoriales.

Chalke y Ertl (1965) fueron los primeros en demostrar asociación entre la latencia de los potenciales evocados elicitados con estímulos visuales y las puntuaciones de inteligencia psicométrica (CI) de aproximadamente  $-.30$ . Sin embargo, trabajos posteriores en esta línea han ofrecido resultados más contradictorios. Igualmente ha ocurrido con los estudios que han intentado relacionar la variable de amplitud de los potenciales evocados con el CI.

La disparidad de los resultados podría deberse a las diferencias metodológicas, ya que los estudios con los potenciales evocados de la inteligencia se caracterizan por presentar una gran variabilidad, lo que les dota de una menor fiabilidad frente a otros estudios donde se ha relacionado actividad cerebral con otros indicadores fisiológicos.

Respecto a la velocidad de conducción nerviosa (VCN), entendida como la velocidad con que un impulso viaja a lo largo de un nervio, Vernon, en 1990, hizo una revisión de varios estudios que datan desde 1920, donde se encontraban correlaciones altas entre la VCN y el CI, resultados que replicó posteriormente (Vernon y Mori, 1992), hallando una asociación media de  $.45$  entre la VCN del miembro superior (muñeca, codo, axila) y las puntuaciones en el test *Multidimensional Aptitude Battery*,

una batería de tests basada en la *Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS)*, y concluyendo que las VCN más rápidas estaban asociadas a las puntuaciones de CI más altas y a velocidades de procesamiento más veloces.

Similares hallazgos encontraron Reed y Jensen (1992) en un estudio con 147 estudiantes varones, observando un índice de correlación de .26 entre la VCN (a nivel del nervio visual) y su nivel de inteligencia, medida por el Test de Matrices Progresivas de Raven (Raven et al., 1991).

Con el deseo de ampliar estos hallazgos y comprobar la influencia de la variable género, Reed, Vernon y Johnson (2004) realizaron una investigación más amplia en cuanto al número de sujetos, 186 varones y 201 mujeres, y el tipo de medidas de la inteligencia empleadas, confirmando los hallazgos del estudio de Reed y Jensen (1992), pese a que el nivel de correlación fue menor. Respecto a la influencia de la variable género, mencionan los autores el hallazgo de una VCN significativamente más rápida en los varones frente a las mujeres, como consecuencia probable de un mayor incremento de la materia blanca en el cerebro durante la adolescencia en los varones frente a las mujeres.

Finalmente, en lo que al escáner del funcionamiento cerebral se refiere, el uso de la TEP permitió el estudio de la inteligencia a través de las imágenes mentales, ya que posibilitaba la medida de la actividad cerebral por medio de los cambios en el flujo sanguíneo o en el metabolismo de la glucosa en respuesta a procesos cognitivos.

El trabajo de Haier et al. (1988), empleando esta técnica, parece el punto de partida para este tipo de estudios con sujetos sanos. Los autores observaron los escáneres cerebrales de treinta jóvenes (con una edad media de 23 años) mientras desarrollaban tareas en el Test de Matrices Progresivas de Raven (Raven et al., 1991), encontrando correlaciones negativas considerables, entre -.48 y -.84, a lo largo de diferentes partes del córtex.

La conclusión que podía extraerse de éste y otros trabajos posteriores, mostrando correlaciones negativas entre la tasa de glucosa cerebral y puntuaciones de memoria, parecía indicar que a medida que el sujeto aprendía la tarea, descendía la tasa de glucosa en las áreas cerebrales implicadas, y esto ocurría así cuanto más inteligente era el sujeto (Haier et al., 1992).

### 1.3.1.3. La Teoría de la eficiencia neural

A raíz de estos hallazgos, se introdujo el concepto de *eficiencia neural* para explicar las diferencias individuales en la capacidad cognitiva humana y postular que las personas más inteligentes aprenden a utilizar su cerebro de manera más eficaz. De esta forma, se concluye que la inteligencia no es una función de cómo de duro trabaja un cerebro, sino de cómo de eficiente trabaja. Esta eficiencia puede derivar de la inhibición de muchas áreas cerebrales irrelevantes para el desarrollo adecuado de tareas, así como del uso más focalizado de áreas específicas relevantes para la tarea (Haier et al., 1992).

Por ejemplo, se ha observado que los niños más inteligentes emplean menos y más específicas redes neuronales a nivel cerebral ante determinadas tareas que los niños con inteligencia media (Seung-Hyun et al., 2006), así como que el índice de consumo metabólico cortical en la resolución de diferentes tareas es menor en el caso de las inteligencias más elevadas (Jausovec y Jausovec, 2004a, 2004b).

A pesar de la evidencia a favor de la hipótesis de eficiencia neural a través de numerosos estudios, otros muchos trabajos sólo apoyan parcialmente esta hipótesis, alegando que la eficiencia neural se produce pero sólo bajo determinadas condiciones, para ciertas áreas cerebrales o para ciertos grupos (Neubauer y Fink, 2009).

Estos hallazgos, en principio contradictorios, suscitan al menos la necesidad de redefinir la hipótesis de la eficiencia neural acorde a importantes variables moderadoras, tales como el género de los participantes, el tipo y grado de complejidad de la tarea a desarrollar y las áreas cerebrales implicadas.

En relación a la variable género, se ha encontrado apoyo para la hipótesis de la eficiencia neuronal (por ejemplo, asociaciones negativas entre inteligencia y activación cerebral) en varones fundamentalmente cuando realizan tareas visuoespaciales, mientras que para las mujeres la esperada relación negativa sólo se encontró cuando llevaban a cabo tareas de tipo verbal (Neubauer, Fink y Schrausser, 2002). Resultados similares se encontraron en el trabajo de Jausovec y Jausovec (2008), donde aparece la relación inversa CI-activación cerebral en los varones sólo cuando realizaban una tarea de

rotación espacial y en mujeres mientras identificaban emociones en una serie de dibujos.

Dunst et al. (2013) analizaron el posible efecto del factor estereotipo en tales hallazgos, basándose en el modelo integrador de Schmader, Johns y Forbes (2008) que asume que los procesos interrelacionados cognitivos, físicos y emocionales pueden dañar los recursos ejecutivos que permiten el procesamiento eficaz, encontrando que dicho factor no puede explicar las diferencias de eficiencia neural según el género ante tareas visuoespaciales.

En cuanto a las tareas se refiere, la investigación había puesto de manifiesto que la eficiencia neuronal era con frecuencia observada en tareas con dificultad de baja a moderada, pero no ante tareas difíciles (Neubauer et al., 2009).

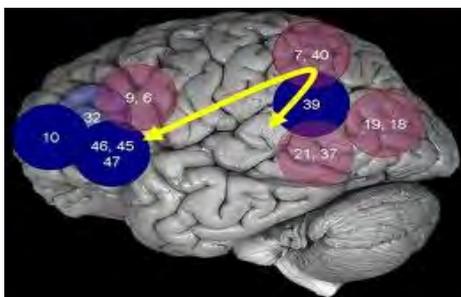
En un estudio posterior, Dunst et al. (2014b) puntualizaron que las diferencias en rendimiento ante tareas y activación cerebral sólo se encontraron en aquellas con el mismo nivel de dificultad en base a la muestra, pero no cuando se comparaban tareas con el mismo nivel de dificultad específico a la persona. Esto es, aunque todos los sujetos trabajen en tareas con el mismo nivel de dificultad en base a una muestra, el nivel específico de dificultad que la tarea tenga para cada persona varía según el nivel de su capacidad cognitiva. Dado que este último nivel de dificultad se espera esté asociado con el tiempo y esfuerzo empleado en la resolución de la tarea, también podría ser responsable de las diferencias observadas en la activación cerebral. Los autores concluyeron que sus resultados sugerían que la eficiencia neuronal refleja una adaptación (dependiente de la capacidad) de la activación cerebral a las respectivas demandas de la tarea.

Finalmente, en relación a las áreas cerebrales, las investigaciones al respecto han indicado la importante implicación de determinadas áreas cerebrales en la hipótesis de la eficiencia neuronal.

... las diferencias individuales en el rendimiento ante tareas cognitivas reflejan diferencias fundamentales en la actividad prefrontal (posiblemente reflejando diferencias en la extensión del control requerido a nivel prefrontal para la actuación óptima) y la eficiencia de interconexiones neuronales (posiblemente reflejando diferencias en la integridad de la materia blanca) entre

regiones cerebrales que median el rendimiento ante tareas (Rypma et al., 2006, p. 977).

Curiosamente éstas áreas coinciden con las redes neuronales implicadas en el procesamiento de la información según la “teoría de la integración parieto-frontal” (The Parieto-Frontal Integration Theory, P-FIT) de Jung y Haier (2007), donde los autores defienden que ciertas áreas (principalmente áreas frontales y parietales del córtex) están relacionadas con la inteligencia (ver figura 5). Esta asociación entre regiones frontales-parietales e inteligencia también ha sido encontrada en sujetos de 6-8 años, período clave en el desarrollo cerebral, observándose incluso un proceso más rápido en niños muy inteligentes (Langeslag et al., 2013).



**Figura 5:** Regiones cerebrales asociadas a un mejor rendimiento en medidas de inteligencia y razonamiento según el modelo P-FIT (Jung y Haier, 2007). Imagen tomada de <http://www.richardhaier.com/research/>

Las áreas de esta red de conexión neuronal representan diferentes etapas del procesamiento de información desde la percepción sensorial en las zonas posteriores, pasando por la abstracción en las áreas parietales y finalizando en la verificación y toma de decisiones en las zonas anteriores (frontales) del cerebro. La integración de la información entre las diferentes áreas es la clave.

En su trabajo, Jung y Haier (2007) revisaron 37 estudios con neuroimágenes, predominantemente sobre correlatos estructurales de la inteligencia, y llegaron a la conclusión de que los sujetos con más materia gris (neuronas, sinapsis y dendritas) y más materia blanca (axones mielinizados) en estas áreas, normalmente obtienen mayores puntuaciones en tests psicométricos de inteligencia. Por lo tanto, estas áreas podrían ser consideradas como estructuras cerebrales esenciales en la inteligencia

humana (Neubauer y Fink, 2009), y la teoría P-FIT, un importante marco para el estudio de la inteligencia humana, ya que su formulación ha sido apoyada por numerosos estudios y puede ser considerada “la mejor respuesta disponible a la cuestión de dónde reside la inteligencia en el cerebro” (Deary, Penke y Johnson, 2010).

La mayoría de los datos obtenidos en los estudios recogidos por Luders et al. (2009a) sugieren que la inteligencia más alta está asociada a mayores volúmenes de materia gris (índices alrededor de .35), lo que implica mayor número o densidad incrementada de neuronas o células gliales que permitiría un procesamiento de la información más eficiente, habiéndose observado que en los niveles más altos de inteligencia (CI por encima de 130) estos niveles de asociación se “aceleraban” (Wilke, Sohn, Byars y Holland, 2003).

Sin embargo, no sólo se ha relacionado la inteligencia con la materia gris, sino que la posibilidad de emplear nuevas técnicas de resonancia magnética, como es la tractografía por tensor de difusión, ha permitido observar que también existe una fuerte conexión de la inteligencia con la materia blanca del cerebro, encargada de la eficiente transmisión de la información (Fields, 2008).

#### **1.3.1.4. La hipótesis mielínica**

Schmithorst, Wilke, Dardzinski y Holland (2005) llevaron a cabo un estudio con 47 sujetos sanos, de entre 5 y 18 años, para analizar la posible relación entre la materia blanca en diferentes partes cerebrales y el CI total, medido a través de la escala de inteligencia Wechsler. Los resultados que encontraron arrojaron una significativa correlación positiva entre ambas variables en torno a .45, determinando que la función cognitiva se correlaciona con la maduración de la materia blanca (mayor organización en las fibras) en la población pediátrica.

Estos resultados están acordes, señalan los autores, a estudios previos que ya indicaban la presencia de cambios significativos en la materia blanca durante la infancia y la adolescencia y su probable relación con las funciones cognitivas, determinando

cómo niveles incrementados de materia blanca en la zona frontal del cerebro estaban asociados a mayores capacidades atencionales y ejecutivas (Fuster, 2002).

En esta misma línea, se han obtenido hallazgos importantes en relación al cuerpo calloso donde se han encontrado correlaciones positivas con escalas de CI (Luders et al. 2007, 2009a), lo que podría indicar que mayor número de vías de conexión o mejor mielinizadas a este nivel facilitan una más eficiente transferencia de información entre hemisferios cerebrales, beneficiando la integración y el procesamiento de la información y afectando de forma positiva al comportamiento inteligente.

También mencionar los trabajos de Chiang et al. (2009), destacando la asociación positiva entre el CI y la organización de la materia blanca en el tracto cingular, conjunto de fibras de asociación que envuelve parcialmente al cuerpo calloso y que juega un papel central en la conexión de diferentes regiones implicadas en el control cognitivo al tomar la información desde la memoria e integrarla en otras partes del cerebro, especialmente aquellas implicadas en el procesamiento visoespacial.



**Figura 6: El tracto cingular. Imagen tomada de <http://www.team-tbi.com/brain-tracts>**

Neubauer (2003) ya se había apoyado en la hipótesis mielínica para explicar el comportamiento más inteligente y su desarrollo en paralelo al aumento de la velocidad de procesamiento de la información:

Si los axones cerebrales de las personas más inteligentes están más mielinizados... la propagación más rápida de los estímulos posibilitaría una reacción también más rápida de los cerebros inteligentes en los ensayos que miden las corrientes cerebrales. También se explicaría así la mayor velocidad de

procesamiento demostrada en los ensayos que miden el tiempo de reacción... las menores pérdidas durante la transmisión de los impulsos podrían ser la razón del menor consumo energético en el metabolismo cerebral de las personas más inteligentes... (Neubauer, 2003, p. 24).

La mielinización, pues, contribuye en gran medida a mejorar la funcionalidad del cerebro, resultando relevante para el desarrollo de las funciones ejecutivas, ya que éstas dependen tanto de la maduración de la corteza prefrontal como de la madurez de las conexiones con otras regiones corticales y subcorticales (Fuster, 2002).

El proceso de mielinización cerebral comienza en el sujeto antes de su nacimiento, pero en el momento del mismo sólo unas pocas áreas del cerebro están mielinizadas. Las áreas cerebrales asociadas a las funciones más básicas maduran antes: primero las áreas sensorio-motoras, después las áreas implicadas en la orientación espacial y en el desarrollo del lenguaje. Las últimas áreas en madurar son las implicadas en las funciones ejecutivas, la atención y la coordinación motora (lóbulos frontales) (Gogtay et al., 2004).

A través de diversos estudios con técnicas de resonancia magnética, se ha podido observar que existen diferencias significativas entre los patrones de cambios volumétricos en las estructuras cerebrales de materia gris y blanca a lo largo de la infancia y la adolescencia. A nivel cortical, la sustancia gris puede alcanzar su volumen máximo en la infancia, de forma que hasta los 7 años la tasa relativa de volumen de estructuras de sustancia gris es significativamente mayor que la de sustancia blanca, mientras que el incremento en volumen de la materia blanca puede continuar hasta finales de la segunda década (Caviness, Kennedy, Richelme, Rademacher y Filipek, 1996; Paus et al., 2001) o incluso hasta la quinta década, para empezar a declinar posteriormente (Walhovd et al., 2005b).

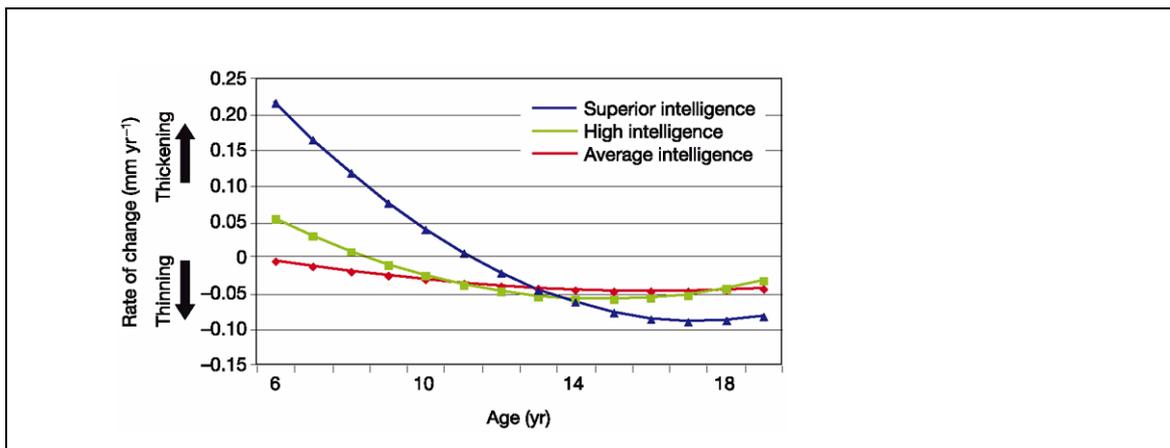
Estos incrementos en el volumen de materia blanca, paralelos a decrementos en el volumen de materia gris, ocurren de forma similar en zonas frontales, parietales, temporales y occipitales, pero de forma más pausada en los niños frente a las niñas (Paus et al., 2001). Así, por ejemplo, aunque no se habían observado diferencias entre niños y niñas en el período de los 0 a los 5 años, las niñas mostraron proporciones más altas de mielina que los varones en ciertas regiones cerebrales a partir de los 6 años,

como en el hipocampo, estructura muy relacionada con la memoria visual (Benes, Turtle, Khan y Farol, 1994).

También se han observado diferencias en base al género en cuanto al desarrollo de la materia gris, de forma que las niñas alcanzan un volumen de desarrollo máximo antes que los niños (Lenroot et al., 2007), y diferentes trayectorias en el desarrollo de la materia gris y blanca entre niños y niñas (Koolschijn y Crone, 2013).

Se ha visto que las mujeres tienen mayor proporción de materia gris y blanca en comparación a los hombres, una vez corregido el efecto de la diferencia de volumen cerebral (Luders et al., 2005; Koolschijn y Crone, 2013), y se han hallado volúmenes incrementados de materia gris en el hemisferio izquierdo y regiones relacionadas con el lenguaje en las mujeres, así como mayor extensión de la misma en áreas de asociación visuales y visuoespaciales en los hombres (Brun et al., 2009; Luders, Gaser, Narr y Toga, 2009b).

Variaciones en cómo el cerebro madura también pueden predecir diferencias en inteligencia entre los sujetos. Un estudio evolutivo escaneó los cerebros de una elevada muestra de niños, adolescentes y jóvenes adultos para observar si las puntuaciones de CI podrían ser predichas por el grosor de la corteza cerebral en determinadas regiones cerebrales, demostrando que el nivel de inteligencia está relacionado con el modelo de crecimiento cortical durante la niñez y la adolescencia (Shaw et al., 2006).



**Figura 7:** Evolución de cambios en el grosor de la corteza cerebral según el nivel de inteligencia (Shaw et al., 2006). Imagen tomada de [http://www.nature.com/nature/journal/v440/n7084/fig\\_tab/nature04513\\_F3.html](http://www.nature.com/nature/journal/v440/n7084/fig_tab/nature04513_F3.html)

La figura refleja la proporción del cambio en la corteza cerebral siguiendo trayectorias diferentes en función del nivel de inteligencia y la edad. Los valores positivos señalan incrementos en la corteza (*thickening*) y los valores negativos indican afinamiento de dicha corteza (*thinning*) a lo largo del desarrollo. Como puede observarse, en el caso de inteligencias más altas la trayectoria de cambios cerebrales es distinta al caso de inteligencias altas o medias, lo que apunta a cambios neurobiológicos específicos en el caso de las inteligencias más altas. Según los autores, los niños con una inteligencia más alta presentaban un rápido engrosamiento cortical entre los 7 y 11 años, mientras que los niños con inteligencia media o baja exhibían un adelgazamiento cortical en este mismo período de edad. Estos hallazgos fueron reafirmados posteriormente por Pangelinan et al. (2011) al incluir en su estudio mayor número de sujetos con inteligencia elevada.

Igualmente, Burgaleta, Johson, Waber, Colom y Karama (2014) han puesto de manifiesto cómo cambios en las puntuaciones de capacidad intelectual, medidos a través de las escalas Wechsler, estaban asociados a cambios en el grosor de la corteza cerebral particularmente en zonas que se conoce están relacionadas con la capacidad cognitiva general, esto es, áreas frontales y parietales del hemisferio izquierdo (Jung y Haier, 2007), concluyendo, de igual manera, que en las inteligencias más altas se apreciaba mayores incrementos de grosor cortical.

Destacar, así mismo, el reciente estudio de Schnack et al. (2014) poniendo de manifiesto que, de forma similar a la relación entre inteligencia y grosor cortical en la línea de los estudios anteriores, existen cambios en la superficie cortical a lo largo del tiempo asociados a CIs elevados, de forma que fueron los individuos con CIs más elevados quienes mostraron mayores cambios durante su desarrollo: mayor tasa de expansión en torno a los 10 años, alcance del punto máximo de expansión a una edad más temprana. Esto se traduciría en que los sujetos más inteligentes no sólo consiguen una mayor área de superficie cortical sino que lo alcanzan a una edad más temprana en su desarrollo.

### **1.3.2. La inteligencia y sus correlatos cognitivos**

Muy amplio ha sido, también, el número de investigaciones centradas en el estudio de la inteligencia a través de la meticulosa disección de los procesos cognitivos que le subyacen. Este planteamiento tiene mucho que ver con la tradición iniciada por Galton, en la que, como se ha visto, la inteligencia se concibe como una capacidad general subyacente a aspectos cognitivos, siendo la rapidez su manifestación más evidente. Se trata de hacer una interpretación de la inteligencia de “abajo a arriba”, intentando comprender los procesos mentales superiores a partir de las operaciones mentales básicas que subyacen a ellos.

#### **1.3.2.1. La velocidad de procesamiento**

Los paradigmas del Tiempo de Reacción (TR) y el Tiempo de Inspección (TI) fueron diseñados para elicitación de tales medidas, definiendo el TR como el tiempo transcurrido entre la presentación de un estímulo y la emisión de una respuesta por parte del sujeto, y el TI como el tiempo mínimo necesario que una persona tarda en reconocer de forma correcta un estímulo presentado durante un espacio de tiempo muy corto. Estudios llevados a cabo durante los últimos años han demostrado que los individuos con puntuaciones CI más altas tienden a presentar TR y TI más cortos, esto es, mayores índices de velocidad de procesamiento.

La velocidad de procesamiento es un índice de la eficiencia neural en el registro y el procesamiento de la información (Jensen, 1998). Las diferencias individuales y del desarrollo en inteligencia psicométrica reflejan diferencias en la calidad del procesamiento de la información. Esta es la razón por la que la velocidad de procesamiento es buen predictor de las mismas.

Deary (2001) llevó a cabo el primer gran estudio representativo, con una amplia muestra (N=900), de la asociación entre inteligencia y la variable TR, encontrando un índice de correlación de  $-0.49$  entre ambas. Este índice es similar al hallado entre la variable TI y diferentes tests de inteligencia tanto en adultos (Crawford, Deary, Allan y Gustafsson, 1998) como en niños (Hutton, Wilding y Hudson, 1997).

Sin embargo, esta asociación no parece ser tan elevada en opinión de Sheppard y Vernon (2008), quienes, después de revisar los trabajos más relevantes en esta área entre los años 1955 y 2005, encontraron unos índices de correlación que oscilaban sólo entre  $-.22$  y  $-.40$ .

En 2013, Melnick, Harrison, Park, Bennetto y Tadin plantearon que existían otras medidas que ponían de manifiesto una relación más elevada entre velocidad de procesamiento de la información e inteligencia: se trataba del Índice de Supresión (IS), entendido como la diferencia entre el umbral para los estímulos de mayor y menor tamaño. Los autores basaron su hipótesis en la idea de que, aunque estaba ampliamente demostrado que los sujetos con elevados CI requieren tiempos más cortos de exposición ante el estímulo para llevar a cabo juicios perceptivos y sus tiempos de reacción ante el mismo también son más cortos, nuestros cerebros operan con multitud de información y su eficacia también tiene que ver con la capacidad de suprimir la información irrelevante.

Melnick et al. (2013) estimaron la variable IS a través de una tarea visual sencilla, encontrando una correlación de entre  $.64$  y  $.71$  entre el IS y el CI (escala Wechsler) y concluyendo que sus resultados subrayaban la importancia de la supresión en los mecanismos neuronales.

Los mecanismos de supresión desempeñan un papel crítico en el procesamiento sensorial de bajo nivel, permitiendo a los sistemas perceptivos que procesen eficientemente una enorme cantidad de información sensorial entrante. Lo mismo ocurre en la inteligencia, contribuyendo a la eficiencia neuronal en su conjunto (Melnick et al., 2013, pp. 1016).

Estos resultados son consistentes con el enfoque de la capacidad de inhibición como elemento fundamental de la memoria de trabajo y las diferencias en la actividad del córtex prefrontal entre sujetos con alto y bajo CI, sugiriendo que parte de la inteligencia elevada radica en cómo de bien funcione esta área (Cole, Yarkoni, Repovs, Anticevic y Braver, 2012; Miyake et al., 2000).

También en relación al género se han observado diferencias en la velocidad de procesamiento, encontrando que las mujeres son más rápidas en determinadas pruebas

de velocidad de procesamiento, por ejemplo las que implican dígitos y alfabetos, mientras que los varones son más rápidos en otras, por ejemplo las que implican tiempos de reacción; diferencias que pueden ser debidas a factores biológicos innatos subyacentes (Roivainen, 2011). Incluso, desde una perspectiva neuropsicológica, se han buscado explicaciones relacionadas con factores de mielinización, dado lo evidente de estas diferencias particularmente a lo largo del período de principios de la adolescencia (Camarata y Woodcock, 2006).

De cualquier forma, yendo más allá de las diferencias, se ha llegado a sugerir que la velocidad de procesamiento de la información no sólo correlacionaba con el CI sino que podría predecirlo. Tal y como señalaban Rose y Feldman (1997), varios habían sido las referencias que ponían de manifiesto cómo diversas medidas del procesamiento de información en bebés estaban relacionadas con capacidades cognitivas posteriores; medidas que incluían memoria de reconocimiento visual, habituación, aprendizaje, permanencia del objeto y diversas medidas cualitativas y cuantitativas de atención, encontrándose asociación de las mismas con el CI medido en los mismos niños a una edad comprendida entre los 3 y los 12 años.

Los autores llevaron a cabo un estudio con el objetivo principal de examinar el papel de la memoria y la velocidad de procesamiento en el desarrollo de la relación entre el procesamiento de información en bebés y el CI de estos mismos bebés a los 11 años. La muestra de este trabajo consistía en 90 niños a los que se hizo seguimiento desde los 7 meses hasta los 6 años y de nuevo a los 11 años. Los datos obtenidos ofrecieron el primer soporte empírico para las especulaciones, entonces teóricas, acerca de que la memoria y la velocidad estaban entre los principales constructos que subyacen en la predicción del posterior CI a partir del procesamiento de información en bebés.

Es necesario aclarar que el estudio del procesamiento de información en bebés está basado en la atención selectiva a lo novedoso, una conducta indicativa de la memoria de reconocimiento visual. Los bebés tienden a mirar más tiempo a algo nuevo que a algo que ya han visto previamente (Fagan, 1984). Medidas de reconocimiento visual han demostrado tener validez predictiva en capacidades cognitivas más amplias, como el CI o el lenguaje, en etapas posteriores del desarrollo, destacando una correlación media alrededor de .45 (Rose, Feldman y Jankowski, 2004).

La validez de esta técnica se puso también de manifiesto a través de los resultados encontrados en el estudio de Fagan, Holland y Wheeler (2007), con un índice de correlación de .34, posibilitando la predicción de la inteligencia y el rendimiento académico a largo plazo. Este hallazgo, asimismo, permitió concluir a los autores que sus resultados apoyaban la visión de que la inteligencia es un continuo a lo largo de los años y que una base para dicha continuidad estriba en la capacidad de procesamiento de la información.

### **1.3.2.2. El papel de la memoria**

Para corroborar los hallazgos anteriores se efectuaron estudios de replicación, ampliándose esta capacidad predictiva a otros dominios cognitivos, poniéndose de manifiesto la relación de cuatro factores fundamentales en el desarrollo cognitivo con el CI posterior: la atención, la velocidad de procesamiento, la memoria y la competencia representacional (Rose, Feldman, Jankowski y Van Rossem, 2012).

Miller y Vernon (1992) habían postulado que, aunque la memoria a corto plazo (MCP) y el TR podían predecir de forma significativa la inteligencia general entre participantes adultos, la MCP era el mejor predictor. Las primeras teorías sobre la memoria entendían la MCP como un almacén estático y limitado en su capacidad utilizado únicamente para alojar la información recibida durante un breve período de tiempo.

Era sostenible que la relación entre inteligencia, velocidad de procesamiento y memoria en niños diferiría en alguna manera de la relación establecida para los adultos, ya que los adolescentes y adultos procesaban la información de forma más rápida que los niños más jóvenes, pero faltaba entender hasta qué punto. Para ello, Miller y Vernon (1996) llevaron a cabo un estudio con una muestra de 109 niños, 49 niñas y 60 niños, con edades comprendidas entre los 4 años y 0 meses y los 6 años y 12 meses (edad media 5.51 años), cuyo CI fue medido a través de la *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence Revised, WPPSI-R* (Wechsler, 1989).

Los resultados pusieron de manifiesto que no se encontraron diferencias por razón de género en ninguno de los diferentes tests de las baterías empleadas ni en las

puntuaciones totales del WPPSI-R. Como se esperaba, se encontraron correlaciones entre la edad y los tiempos de reacción, correlación media de  $-.249$ , revelando que a medida que la edad del sujeto se incrementaba, decrecían los tiempos de reacción. Esta correlación negativa también aportó evidencias de que los niños más jóvenes no mostraban una tendencia a responder de forma impulsiva.

Las correlaciones con la MCP fueron todas positivas (media de  $.504$ ), revelando que a medida que aumentaba la edad del sujeto evaluado, aumentaba su capacidad de MCP. Todos los tests de memoria se vieron significativamente afectados por la edad. La correlación entre inteligencia general y memoria general encontrada ( $.815$ ) fue significativamente mayor que el valor absoluto de la correlación entre inteligencia general y TR general ( $.419$ ). Así pues, tanto la memoria como el TR correlacionaban con la inteligencia, pero la memoria tendía a correlacionar más estrechamente (como ya habían predicho en su estudio de 1992) e influía de forma más considerable en la variabilidad de la inteligencia que lo que lo hacía el TR. Estos resultados persistían aún cuando los niños fueron divididos en tres grupos (4, 5 y 6 años) y se hicieron análisis de regresión más específicos.

### **1.3.2.3. La importancia de la memoria de trabajo**

Centrados en el relevante papel de la memoria en las diferencias individuales a nivel cognitivo, algunos autores dirigieron su interés, de forma más específica, al estudio de la memoria de trabajo, como constructo más amplio que el mero espacio de almacenamiento de información (Baddeley y Hitch, 1974), y su relación con la inteligencia.

La memoria de trabajo ha sido descrita como un sistema para el mantenimiento y manipulación de la información durante breves períodos de tiempo, en el curso de otras actividades cognitivas activas. La mayoría de los teóricos del área se muestran de acuerdo al afirmar que la memoria de trabajo abarca tanto mecanismos dirigidos al mantenimiento de información durante un breve período de tiempo, también referido como MCP, y procesos responsables para el control cognitivo que regulan y coordinan esas operaciones de mantenimiento (Engel de Abreu, Conway y Gathercole, 2010).

Según Ackerman, Beier y Boyle (2005), el movimiento de relacionar memoria de trabajo con capacidades intelectuales empezó con el estudio de Danerman y Carpenter (1980), el cual ya señaló correlaciones significativas entre medidas de memoria de trabajo verbal y comprensión lectora, y ha proseguido con numerosos estudios.

Kyllonen y Christal (1990) demostraron un solapamiento sustancial entre medidas de memoria de trabajo y capacidades de razonamiento, encontrando asociaciones significativas entre velocidad de procesamiento, memoria de trabajo y CI con una correlación especialmente alta entre memoria de trabajo y capacidad de razonamiento de entre .80 y .90. Igualmente, Fry y Hale (1996, 2000) también encontraron que la memoria de trabajo era mejor predictor del CI que la velocidad de procesamiento.

Desde este planteamiento de considerar la velocidad de procesamiento de información y la capacidad de almacenaje a corto plazo de la memoria de trabajo como funciones cognitivas claves para la inteligencia, algunos autores quisieron ir más allá y observar con qué tipos de inteligencia existía mayor relación. Se relacionaron estas funciones con medidas de inteligencia fluida, inteligencia cristalizada e inteligencia espacial. Los resultados mostraron que tanto la memoria de trabajo como la eficiencia del procesamiento predicen inteligencia fluida, mientras que no predicen inteligencia cristalizada y espacial (Martínez y Colom, 2009).

Teniendo en cuenta esta relación entre memoria de trabajo e inteligencia fluida, Engel de Abreu et al. (2010) quisieron observar qué aspectos concretos de la memoria de trabajo – almacenaje a corto plazo o mecanismos de control cognitivo – están más relacionados con la inteligencia fluida en los niños. A partir de los datos obtenidos en un estudio con 119 niños y niñas entre 5 y 9 años, los autores concluyeron que en los niños estos dos sistemas de la memoria de trabajo no están tan relacionados como en los adultos y la contribución de la memoria a corto plazo en la inteligencia fluida se incrementa regularmente durante la infancia.

Señalan además que, curiosamente, este cambio es probable que ocurra cuando el niño está alrededor de los 7 años, precisamente a la edad a la cual empieza a utilizar

el repaso subvocal, el cuál implica la reactivación de trazos en la MCP y, consecuentemente, el mantenimiento de la información en la misma. Pineda (2000) ya había señalado la relación entre la evolución de la función reguladora del lenguaje interno y la maduración progresiva de las zonas prefrontales del cerebro, señalando este período de edad – entre los 6 y los 8 años - como un período sensible en el desarrollo de la adquisición de las funciones ejecutivas, siendo la memoria de trabajo uno de sus componentes más importantes (Anderson, 2002).

Volviendo a la relación entre memoria de trabajo e inteligencia, hubo quien no vio una relación tan estrecha entre ambos constructos. En este sentido, Ackerman et al. (2005) llevaron a cabo una interesante revisión crítica de la literatura existente hasta el momento, encontrando correlaciones entre memoria de trabajo y el factor  $g$  en torno a .48. Concluyeron, así, que memoria de trabajo no es lo mismo que  $g$ , aunque reconocían la existencia de determinadas variables moduladoras que mediaban esa relación, tales como la edad.

A pesar de la discrepancia en la magnitud de las correlaciones obtenidas entre memoria de trabajo e inteligencia, que según Ferreria, Almedia, Priero y Guisande (2012) unos subestimaron (Ackerman et al. 2005) y otros sobrevaloraron (Kyllonen y Christal, 1990), lo que no admitía duda era la existencia de una asociación significativa entre ambas variables y el deseo de encontrar lo que explicaba dicha asociación.

Partiendo del hecho de que las tareas en memoria de trabajo comprenden tanto el espacio de almacén a corto plazo como demandas en algún tipo de procesamiento, dicha asociación podría deberse a la capacidad de almacenaje, de procesamiento o ambas.

Para intentar dar respuesta a esta cuestión, Colom, Abad, Quiroga, Shih y Flores-Mendoza (2008) llevaron a cabo una serie de trabajos con la medición de diferentes constructos para entender la relación entre inteligencia y memoria de trabajo, entre ellos memoria a corto plazo, velocidad mental o atención. Como conclusión general, los autores plantearon que la relación entre memoria de trabajo e inteligencia podía ser esencialmente explicada por el componente de almacén a corto plazo, ya que el resto de variables no predecía tanto la memoria de trabajo, como lo hacía el almacén a corto plazo.

Estos resultados entran en contradicción con posturas de otros autores, quienes defendían que el componente ejecutivo de la memoria de trabajo, el control de la atención, era el principal componente de la alta correlación entre las variables de memoria de trabajo e inteligencia fluida. Las tareas de memoria de trabajo requieren el mantenimiento activo de la información ante la concurrencia de procesamiento e interferencia y, por lo tanto, reclutar un mecanismo ejecutivo de control de la atención para combatir la interferencia (Engle, Tuholski, Laughlin y Conway, 1999).

Para ratificar sus hallazgos, Colom et al. (2008) ofrecieron una explicación a los mismos en base a los hallazgos de Jung y Haier (2007), postulando que, biológicamente, las áreas frontal y parietal son regiones conectadas con diferentes funciones, de forma que una lesión en el lóbulo frontal produce pérdida de control, mientras que una lesión en el lóbulo parietal produce problemas de atención.

Se ha sugerido que el lóbulo frontal contiene “marcadores” para la información relevante almacenada en el lóbulo parietal (Cowan, 1995). Por lo tanto, el área frontal mantiene activo el sistema neural apropiado de cara a mantener la representación de la información relevante. Las áreas parietales reciben *inputs* desde los sentidos y podría ser el lugar cerebral para la representación de la información integrada. Esto es, las áreas frontales controlan la información relevante, mientras que las áreas parietales mantienen la información controlada dentro de ciertos límites. La conclusión general es que las áreas frontales no bastan para considerar las diferencias individuales en memoria de trabajo, al igual que ocurre con el factor general de la inteligencia.

Según Colom et al. (2008), la memoria de trabajo y la inteligencia están altamente relacionadas porque comparten límites de capacidad. Estos límites se refieren tanto a la cantidad de información que pueden retener de forma temporal (almacén a corto plazo) como la capacidad de mantener “al día” la información relevante. Ambos mecanismos podrían residir en determinadas regiones cerebrales en áreas frontales y parietales.

Se ha observado una maduración progresiva en este circuito frontoparietal, desde la infancia hasta la vida adulta, concurrente con una mejora significativa en la ejecución de tareas de memoria de trabajo y coincidente en el tiempo con diferentes procesos de

desarrollo neuronal, entre ellos, procesos de mielinización (Klingberg, Forssbergm y Weterberg, 2002).

Klingberg (2006) llevó a cabo una revisión de diferentes estudios en torno al tema, encontrando una relación positiva entre el grado de maduración de la materia blanca y el grado de activación cortical en regiones frontales y parietales, que durante la infancia y la adolescencia está relacionada a funciones cognitivas específicas como la memoria de trabajo visuoespacial.

El desarrollo de las zonas frontales es un proceso continuo con períodos claves en su desarrollo, coincidiendo diversos autores en que una de esas etapas destacables es la comprendida alrededor de los 7 años, con destacadas mejoras en la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo, entre otras (Anderson, 2002; Bausela, 2005; Best, Miller y Jones, 2009; Portellano y García, 2014).

Según Portellano (2005), el hecho de que las regiones frontales presenten un desarrollo más tardío en comparación a otras regiones cerebrales tiene una explicación adaptativa, ya que es necesario que el niño adquiriera los resortes sensoriomotores suficientes que posteriormente le permitirán llevar a cabo procesos cognitivos más elaborados. En el recién nacido el metabolismo del área frontal es muy bajo y sólo comienza a incrementarse progresivamente a partir del segundo año de vida. Este incremento se realiza de un modo discontinuo, observándose tres picos intensos de activación entre los 4-8 años, los 10-12 años y posteriormente, entre los 16-19 años, paralelos a los procesos de mielinización.

#### **1.4. Medidas clínicas de la inteligencia en el ámbito psicométrico.**

A lo largo de lo ya expuesto hasta aquí, se ha ido haciendo referencia al interés que el ser humano ha tenido por conocer la naturaleza de la inteligencia y, lo que es más importante, su cuantificación de cara a poder establecer diferencias.

Como se recordará, la denominación de “tests” a las pruebas que permitían tal objetivo se debe a Cattell (1890), quien llevó a cabo tal medición y permitió situar al sujeto en una posición en función y respecto a la comparación con otros sujetos. Así,

por ejemplo, con los, ya mencionados tests *Alfa* y *Beta* del Ejército, Yerkes posibilitaba la diferenciación y selección de los individuos más capacitados para el ejército.

A partir de aquí, la proliferación de tests de inteligencia ha seguido siendo elevada. Sin embargo, a nivel internacional, las escalas más recomendadas para medir la inteligencia en el ámbito psicométrico son las Escalas de Stanford-Binet y las Escalas Wechsler (APA, 2002, p.48).

#### **1.4.1. Escalas de Stanford-Binet**

La primera escala de este Test, como ya se ha mencionado, se llevó a cabo en 1905. En aquella época, Francia, como el resto de países de Europa, estaba inmersa en una importante campaña de renovación pedagógica de la mano de un grupo de miembros, entre los que se encontraba Binet, pertenecientes a una sociedad en pos de la sensibilización sobre la problemática de los niños con retraso mental. Tal sociedad era conocida como “*Société Libre pour l’Etude Psychologique de l’Enfant*”. Fruto de este trabajo, el Ministerio francés de la Instrucción Pública llevó a cabo el análisis psicológico en los centros escolares.

Binet, en colaboración con Theodore Simon, elaboraron este primer test de inteligencia práctica, dirigido a niños con edades desde los 3 a los 12 años, cuyo objetivo inicial era discriminar entre niños normales y con retraso. Para ello, construyeron una escala con 30 ítems de dificultad creciente, puntuados como acierto o error, que combinaba aspectos sensomotrices (coordinación visual, motora, etc.) con aspectos cognitivos (memoria, pensamientos divergente, etc.). “Esta escala está compuesta de una serie de tests de dificultad creciente, empezando por el nivel intelectual más bajo que puede observarse y terminando en la inteligencia normal media” (Binet y Simon, 1905, p. 40).

Entre 1905 y 1908, Binet y Simon, en base a los resultados que iban hallando, llevaron a cabo numerosos estudios sobre el desarrollo de la inteligencia en los niños, cuyas conclusiones permitieron la elaboración de las posteriores versiones de la escala: Binet y Simon (1908), Binet (1911). En estas últimas versiones, el objetivo pasó de ser la diferenciación entre niños normales-niños con retraso, a la diferenciación de niños

dentro del grupo de la normalidad. Para ello, los tests se agruparon por niveles de edad a partir de su grado de dificultad, esto es, se estimaba que un determinado ítem era de grado de dificultad de, por ejemplo, 8 años si sólo la mayoría de niños de 8 años era capaz de solucionarlo y una minoría de niños de 7 años. En concreto, el criterio para la distribución de los tests por niveles fue que el 75 % de los niños de la edad correspondiente lo hubieran superado. Así, los autores establecieron el cálculo del nivel mental de un sujeto en función de la medida en que un sujeto coincide con la puntuación media del grupo al que pertenece su edad cronológica.

En la versión de 1911 se amplió el rango de aplicación de la prueba a adultos, para lo cual Binet añadió cinco nuevos ítems por cada nivel de edad.

Terman tomó esta escala y llevó a cabo la revisión más extensa y completa, eliminando algunos ítems, añadiendo otros, aplicando los procedimientos de estandarización más avanzados de la época e incorporando el concepto de CI de Stern. La adaptación de Terman (1916), conocida con el nombre de Stanford-Binet, pronto se impuso como uno de los test de inteligencia más importantes.

Años más tarde, en 1937, publicaría, junto a Merrill, la *Revised Stanford-Binet Intelligence Scale*, que constaba de dos formas, L y M, con 129 ítems cada una de ellas y un número mayor de tareas no verbales que permitía su aplicación a niños más pequeños. Las puntuaciones fueron estandarizadas en base a los resultados en una muestra de más de 2000 sujetos de entre 1,5 y 18 años.

En 1960, de manos también de Terman y Merrill, apareció la tercera edición de la escala: la *Stanford-Binet Intelligence Scale, Form L-M*, (conocida como SBL-M), con algunas modificaciones respecto a las escalas anteriores. Por un lado, cambios en cuanto al contenido, al eliminar los subtests menos satisfactorios o elementos que se repetían y añadir nuevos más adecuados, y por otro, cambios en la estructura, al añadir un nuevo elemento como era el CI de desviación, que permitía comparar la puntuación CI de un sujeto en el test con el CI medio de un sujeto de la misma edad, y extender las tablas de CI.

La cuarta edición de la prueba, cuyo proyecto fue dirigido por Thorndike, apareció en 1986. El rango de edades que cubría esta nueva versión, la *Stanford-Binet Intelligence Scale: Fourth Edition* (Thorndike, Hagen y Salter, 1986), era prácticamente

igual al de sus antecesoras y el tipo de tareas incluidas similares, pero varió la forma en que éstas se agrupaban. Si antes los ítems se agrupaban en función de su grado de dificultad, en esta nueva versión de la escala lo hacían en función de su similitud.

Esto supuso una novedad importante ya que se atendía una estructuración de la prueba en base a un modelo jerárquico de la inteligencia (Carroll, 1993) que postulaba un factor de inteligencia general, factores de segundo nivel (capacidad analítica-fluida, inteligencia cristalizada y memoria a corto plazo) y factores de tercer nivel (razonamiento verbal y cuantitativo). La escala evaluaba, así, cuatro grandes áreas de habilidades cognitivas en sujetos de 2 a 23 años: razonamiento verbal, razonamiento abstracto-visual, razonamiento cuantitativo y memoria.

La quinta edición de la escala, la *Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition*, Roid (2003a, 2003b), cuyo rango de edad se ha ampliado desde los 2 hasta los 85 años, sigue esta concepción jerárquica de la inteligencia, siendo posible evaluar a través de ella, cinco grandes factores intelectuales: razonamiento fluido, conocimiento, razonamiento cuantitativo, procesamiento visuo-espacial y memoria de trabajo. Además de una medida general de la inteligencia, la escala permite diferenciar entre un CI verbal y otro no verbal.

Como resume Becker:

Mientras las primeras versiones del Stanford-Binet sustentaban una única puntuación de inteligencia general, los ítems ya incluían una mezcla diversa de capacidades mentales. Por ejemplo, los ítems para la edad de 4 años de la edición de 1916 incluían elementos visuoespaciales (copiar un cuadrado), cuantitativos (contar cuatro peniques), conocimiento (comprensión) y memoria (repetir cuatro dígitos). Aunque los tipos de ítems a cualquier nivel variaron de las versiones de 1916 a 1973, casi todos los ítems de estas formas se referían a conocimiento, razonamiento fluido, procesamiento visoespacial, razonamiento cuantitativo o memoria a corto plazo/memoria de trabajo. La cuarta edición separó los diversos tipos de ítems encontrados en ediciones anteriores en subtests y factores, agrupando el procesamiento visoespacial y el razonamiento fluido juntos en un factor de razonamiento abstracto/visual. La quinta edición mantiene estas cinco áreas predominantes de capacidad mental con una estructura de factor que sostiene ítems de razonamiento fluido separados de los

ítems de procesamiento visoespacial. Esta edición también da mayor énfasis a la memoria de trabajo en comparación a la memoria a corto plazo (Becker, 2003, p.11).

A través de las sucesivas versiones de la escala se observa una evolución, consecuencia natural y necesaria del perfeccionamiento de los procesos estadísticos, con la depuración de los métodos para la cuantificación de los resultados, y condicionada por las aportaciones al estudio de la inteligencia del enfoque factorialista y el paradigma cognitivo.

En el plano ideológico, aunque Binet desarrolló una concepción de la inteligencia más centrada en sus resultados que en sus constituyentes básicos, en contraste a la metodología empleada por su antecesor Galton, Terman sí asumió buena parte de los presupuestos ideológicos de Galton. El simple hecho de introducir los conceptos de edad mental y CI era algo totalmente contrario a los objetivos de la escala y a la intenciones de su autor.

Aunque existen versiones de la prueba más actualizadas, los profesionales que trabajan en la valoración de la inteligencia a los niveles más elevados, siguen pensando que la versión SBL-M es la mejor para detectar tales niveles (Silverman y Keartney, 1989; Gilman y Revel, 1999; Silverman, 2009; Tyler-Wood et al., 2014).

Igualmente hay que señalar la mayor correlación existente entre el “viejo” SBL-M y el WISC-IV de .823 (Benito, Moro y Alonso, 2009), frente a versiones más actuales del Test de Stanford-Binet de entre .30 y .53 (Wilson y Gilmore, 2012; Afrooz et al., 2014).

Este fenómeno se observa también en relación a la prueba del WPPSI, habiéndose obtenido mayor correlación, a nivel de CIT, con el SBL-M (Pasewark, Rardin y Grice, 1971), que con el SB-5 (Garred y Gilmore, 2009).

Estos hallazgos señalan que, a pesar de la diferencia de años que los separan, parece que la versión más antigua del Test de Stanford-Binet tiene más que ver con las versiones más actuales de otros tests de inteligencia, lo que indica que parecen medir conceptos similares de inteligencia. En este sentido es oportuno recordar que el “viejo” SBL-M está basado en las teorías monolíticas de la inteligencia de principios del s. XX.

En base a estos datos, se ha optado por la elección de la forma SBL-M en el estudio empírico desarrollado.

#### **1.4.2. Escalas Wechsler**

Aunque durante las primeras décadas del siglo XX el campo de los tests de inteligencia estaba dominado por las primeras versiones de las escalas Stanford-Binet, no tardaron en surgir alternativas para dar respuesta a las críticas vertidas sobre las mismas, entre ellas, la inadecuación de las escalas para medir la inteligencia en adultos o la interpretación de los resultados en relación al concepto de edad mental (Tapia, 1992).

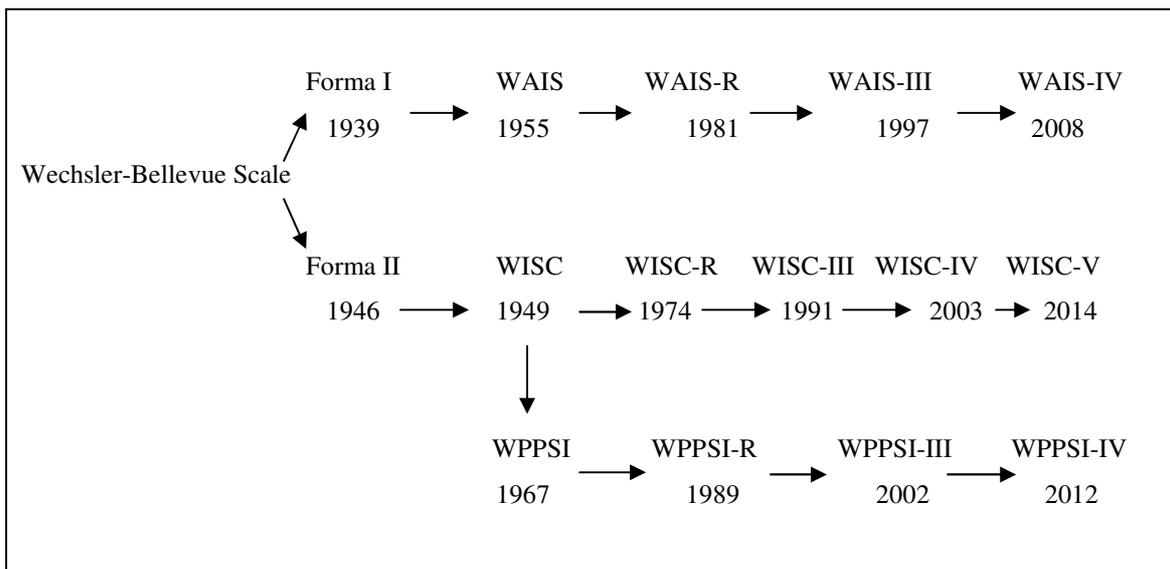
Este fue el punto de partida por el que David Wechsler, psicólogo del Hospital Psiquiátrico de Bellevue de Nueva York, llevó a cabo la primera versión de la que sería una batería de tests mundialmente reconocida a un nivel tal que rivaliza con las escalas de Stanford-Binet: las escalas Wechsler.

Wechsler concebía la inteligencia como la capacidad del sujeto de actuar con una finalidad, pensar racionalmente y relacionarse adecuadamente con el entorno. De esta forma, asumía una noción de inteligencia “como una entidad global, porque hace que la conducta del sujeto sea un todo, y también algo específico, porque se compone de elementos o aptitudes diferentes unos de otros” (Wechsler, 2009, p.18).

La primera versión de las escalas fue el *Wechsler-Bellevue Scale* (Wechsler, 1939), diseñada para evaluar los procesos intelectuales en adolescentes y adultos, en dos formas diferentes: la Forma I y la Forma II. A partir de esta última, en 1949, el autor diseñó la *Wechsler Intelligence Scale for Children* (WISC) para niños de entre 5 y 15 años, cuya versión revisada aparecería en 1974 como la *Wechsler Intelligence Scale for Children Revised* (WISC-R).

A partir de la Forma I, en 1955, surgió el *Wechsler Adult Intelligence Scale* (WAIS), para sujetos mayores de 16 años. En 1967 apareció el *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence* (WPSSI), destinada a niños de entre cuatro y seis años.

Todas las versiones de la escala de Wechsler han ido siendo revisadas en un proceso evolutivo, aunque siguen estando estructuradas de la misma forma: con un parte verbal y una parte manipulativa. Combinando las puntuaciones obtenidas en los subtests que engloban dichos bloques, se llega a una puntuación global de CI. Algunos de los subtests que se recogen en las escalas son, por ejemplo, información, vocabulario, semejanzas, dígitos, claves de números, figuras incompletas, historietas, rompecabezas, etc.



**Figura 8: Esquema resumen de la evolución de las Escalas Wechsler**

Uno de los objetivos de la revisión del WISC-IV fue el actualizar los fundamentos teóricos del instrumento para reflejar los cambios y avances de las teorías actuales sobre la inteligencia. Para ello, la teoría de los tres estratos de Carroll (1993) fue fundamental, al introducir el análisis de la inteligencia cristalizada, la inteligencia fluida, el procesamiento visual, y el procesamiento de información, especialmente las habilidades de Memoria de Trabajo y de Velocidad de Procesamiento.

La utilidad práctica y clínica de las escalas de Wechsler se ve avalada por más de 60 años de investigación en muy diferentes campos y con finalidades muy diversas. Una y otra vez han demostrado su utilidad clínica en la detección de niños con retraso mental y dificultades de aprendizaje, la asignación a programas especializados, la intervención clínica y la evaluación neuropsicológica (Wechsler, 2009, p.21).

Aunque se ha señalado que lo que diferencia a unas escalas de otras es que las escalas Wechsler se basan en un concepto de inteligencia más amplio, las revisiones más recientes de ambos tests, el WISC-IV y el Stanford-Binet, 5ª edición (SB-5), señalan que ambos han utilizado el modelo de Carroll (1993) de la estructura de las capacidades cognitivas para facilitar la selección de subtests y factores y dirigir una interpretación de las puntuaciones obtenidas. Sin embargo, ambos tests presentan diferencias en sus puntuaciones a la hora de evaluar la inteligencia, sobre todo en los niveles más altos.

Wilson y Gilmore (2012) llevaron a cabo un trabajo para comparar los resultados de aplicar el WISC-IV y el SB-5 a un grupo de 30 adolescentes, entre 12 y 14 años, encontrando que existían diferencias significativas en las puntuaciones de CI Total (CIT) entre ambas escalas, siendo más altas las puntuaciones obtenidas en el WISC-IV que en el SB-5, y un índice de correlación entre ambas pruebas de sólo .58.

También fue sólo moderada la relación que encontraron Minton y Pratt (2006) cuando compararon el CIT del WISC-III y del SB-5, aplicado en 56 estudiantes, con un índice de correlación de .46 entre ambas pruebas. Los autores encontraron igualmente que el SB-5 arrojaba puntuaciones más bajas que las esperadas en alumnos con inteligencia superior.

Según Wilson y Gilmore (2012), las razones para esto podrían encontrarse en el hecho de que el SB-5 tiene un techo más alto para las puntuaciones, de forma que la prueba permite discriminar mejor la capacidad intelectual de alumnos que están por encima de la media, debido al mayor rango de dificultad en los ítems que la prueba presenta. Otro motivo podría radicar en la diferencia de puntuaciones entre los índices verbales de las dos pruebas, con un total de hasta 4 puntos de discrepancia entre uno y otro, y una correlación baja de .22.

Esto puede deberse a la existencia de algunos cambios notables en la estructura del SB-5 en comparación a la edición anterior del test, de forma que sólo se han mantenido dos de los cuatro subtests verbales anteriores: Vocabulario y Absurdos, y se han añadido tres nuevas medidas no verbales: procesamiento visuoespacial, razonamiento cuantitativo y memoria de trabajo.

En el anterior SB-IV, los subtests de Vocabulario, Comprensión y Relaciones verbales eran similares a los subtests del WISC-III/ WISC-IV de Vocabulario, Comprensión y Similitudes, lo que podría explicar el hecho de que las correlaciones entre el WISC-III y el SB-IV fueran más altas, entre .68 y .88, según los estudios.

En un estudio más reciente, Afrooz, Farid, Mousavi y Soveyzi (2014), con una muestra de 91 sujetos de entre 7 y 11 años, han encontrado aún una correlación más baja entre el WISC-IV y el SB-5 entre los CIT de ambas pruebas, .30, que explican probablemente debido a ciertas modificaciones realizadas en las pruebas por factores culturales (la fonética y expresión del alfabeto persa es muy diferente al inglés).

Sin embargo, Benito et al. (2009) en su investigación acerca de la validez del WISC-IV para medir la inteligencia, encontraron una correlación de .83 entre el WISC-IV y el “viejo” SBL-M, más elevada que las vistas hasta ahora con el SB-5, considerando que esta elevada relación podría sustentarse en la base teórica empleada, y determinando que ambos tests son igualmente eficaces para determinar la inteligencia de los niños con niveles promedio de capacidad intelectual.

También muy elevada era la relación del SBL-M con la anterior versión de la escala, el WISC-R, con un índice de correlación de .73, según el estudio llevado a cabo por Wechsler con 108 niños (Wechsler, 1974).

Este fenómeno se observa igualmente en relación a la prueba del WPPSI, habiéndose obtenido mayor correlación, a nivel de CIT, con el SBL-M, .86 (Pasewark et al., 1971), que con el SB-5 (Garred y Gilmore, 2009).

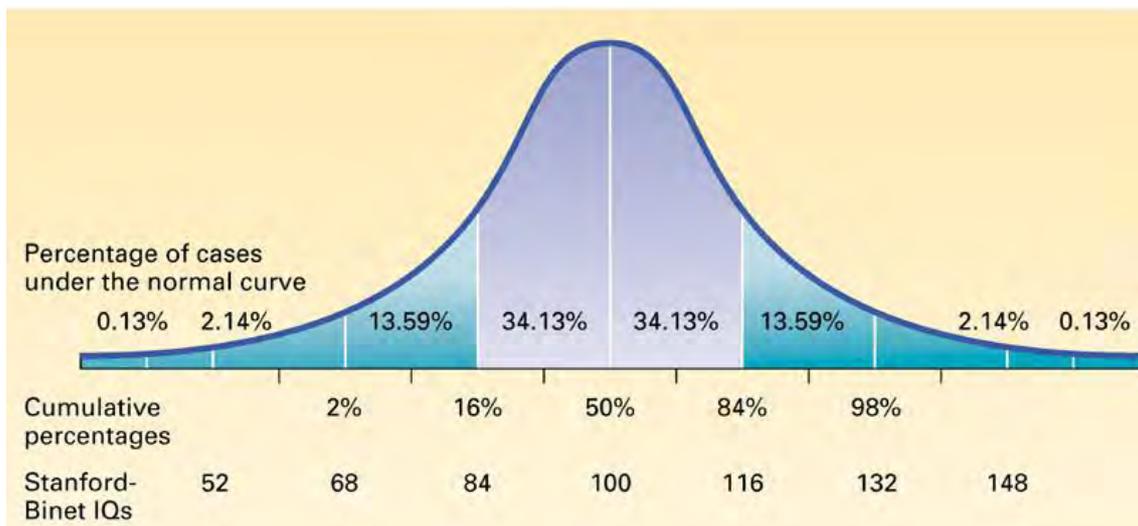
Esto quiere decir que los nuevos planteamientos teóricos basados en las nuevas teorías de la inteligencia que sustentan la fundamentación teórica del WISC-IV y de todos los actuales tests de inteligencia de la medida clínica psicométrica de la misma, de carácter internacional, que tienen una clara aproximación teórica a la teoría conocida como CHC (Cattell-Horn-Cattell)... han dado como resultado que el nuevo WISC-IV se parezca más al viejo SBL-M que a los tests antecesores de la Escala Wechsler. Es oportuno recordar, en este punto, como el viejo SBL-M está basado en las teorías monolíticas sobre la inteligencia de principios del siglo XX (Benito et al., 2009, p.14).

## 1.5. Los niveles de inteligencia

Como se ha visto, las puntuaciones de un sujeto en un test de inteligencia se representan en términos de CI. La distribución esperada de los CI dentro de la población se ajusta a una gráfica en forma de curva, conocida como la campana de Gauss. Este tipo de distribución asume que los valores de las mediciones tienden a agruparse alrededor de un punto central, la media, siendo la representación de los datos simétrica a ambos lados de la misma. Entiende, igualmente, que las desviaciones estándares quedan situadas equidistantemente unas de otras y que la proporción de mediciones situada entre la media y las desviaciones es una constante en la que:

- La media  $\pm$  1 desviación estándar = cubre el 68,3% de los casos
- La media  $\pm$  2 desviación estándar = cubre el 95,5% de los casos
- La media  $\pm$  3 desviación estándar = cubre el 99,7% de los casos

En el caso de la inteligencia, la distribución teórica de los CI quedaría de la siguiente forma:



**Figura 9:** Distribución teórica de las puntuaciones CI. Imagen tomada de [http://www.mccc.edu/~jennings/Courses/documents/Handout-Intelligence\\_000.pdf](http://www.mccc.edu/~jennings/Courses/documents/Handout-Intelligence_000.pdf)

La mayoría de la población alcanza una puntuación media de CI alrededor de 100, estando comprendida en el intervalo entre 84 y 116, acorde a la escala de Stanford

Binet, o entre 85 y 115 acorde a la escala de Wechsler. Aproximadamente el 68.3 % de la población se encuentra entre estas dos puntuaciones.

Mirando hacia los extremos de la curva, un 2,2% de la población alcanza un CI por encima de 130, considerándose a partir de esta puntuación la presencia de superdotación intelectual, y un 2,2% presenta un CI menor de 70, hablándose en este caso de discapacidad intelectual (APA, 2013).

Tal y como se señala en el manual del WISC-IV, los resultados obtenidos de los nuevos tests clínicos de medida de la inteligencia son, generalmente, interpretados según el método propuesto por Flanagan y Kaufman (2006). Según este método, la puntuación de CI obtenida por un alumno corresponde a una determinada categoría y, según esta categoría, se establece una equivalencia de descripción de rendimiento académico:

- Puntuación CI: 130 y más. Categoría: extremo superior. Descripción del rendimiento: punto fuerte normativo.
- Puntuación CI: 116 a 129. Categoría: promedio alto. Descripción del rendimiento: punto fuerte normativo.
- Puntuación CI: 85 a 115. Categoría: promedio. Descripción del rendimiento: dentro de límites.
- Puntuación CI: 70 a 84. Categoría: promedio bajo. Descripción del rendimiento: punto débil normativo.
- Puntuación CI: 69 y menos. Categoría: extremo inferior. Descripción del rendimiento: punto débil normativo.

Así, a una puntuación se le asignan dos tipos de categorías, una descriptiva y otra normativa, que definen los puntos fuertes y débiles del niño al compararlo con otros de su misma edad.

Por tanto se entiende que un alumno del extremo superior, a nivel psicométrico, es aquel que tiene un CI de 130 y más, hablándose de superdotación intelectual. Un alumno con alta capacidad, a nivel psicométrico, es aquel que tiene un CI entre 116 y 129, esto es promedio alto normativo. Un alumno promedio, a nivel psicométrico, es

aquel que tiene un CI de 85 a 115. Un alumno con baja capacidad, a nivel psicométrico, es aquel que tiene un CI entre 70 y 84 y un alumno del extremo inferior, a nivel también psicométrico, es aquel que tiene un CI de 69 o menos, denominándose discapacidad intelectual.

De esta forma, la nominación de un sujeto como “superdotado”, atendiendo únicamente a la distribución estadística de la inteligencia y a nivel psicométrico, será aquel que alcance una puntuación de CI igual o superior a 130. El 85% de los superdotados tiene un CI comprendido entre 130 y 145, hablándose de superdotación leve. Por encima de esta nivel, se puede hablar de sujetos altamente superdotados (CI entre 145 y 159), excepcionalmente superdotados (CI entre 160 y 174) y profundamente superdotados (CI > 175) (Benito et al., 2009).

### **1.5.1. La inteligencia más elevada**

La consideración de un elevado nivel de CI, hoy en día, es un elemento clave en la definición del alumno superdotado intelectualmente, al igual que en referencia a la discapacidad intelectual, pero existe consenso entre los profesionales del área en cuanto a considerar, además, la necesidad de otra serie de requisitos para realizar tal diagnóstico.

Así, de las primeras definiciones en que aparece recogida esta presencia de otros factores relevantes es en la establecida en el “Informe Marland” (Marland, 1972), donde se consideran un conjunto de aspectos en la identificación de individuos con superdotación intelectual. Así, la definición incluye la ejecución demostrada y/o potencial de habilidades en alguna de las siguientes áreas, bien en una o varias: capacidad intelectual general, pensamiento creativo, aptitud académica específica, capacidad en el liderazgo, capacidad en las artes visuales o representativas y capacidad psicomotriz.

Otro de los modelos más conocidos en esta línea es el llevado a cabo por Renzulli (1978) quien definió la superdotación en base a su modelo de los tres anillos,

según el cual, además de un CI elevado, han de estar presentes una elevada creatividad y un alto compromiso con la tarea.

En nuestro país, el uso de la definición considerada por el Ministerio de Educación y Ciencia en el Test de screening: “Proyecto de Identificación Temprana”, recoge tres criterios básicos (Benito y Moro, 1997, p. 8 y 9):

- Criterio a: Un funcionamiento intelectual significativamente superior a la media (CI superior a 130).
- Criterio b: La superdotación intelectual va asociada a una mayor madurez en los procesamientos de información (memoria visual y percepción visual), desarrollo de la capacidad metacognitiva precoz (aproximadamente desde los 6 años), *insight* en resolución de problemas (funciones ejecutivas), alta motivación para el aprendizaje, creatividad, precocidad y talento.
- Criterio c: La superdotación intelectual debe manifestarse durante la etapa de desarrollo, lo que implica que se manifieste desde la concepción hasta los 18 años.

Hay que señalar que esta definición de superdotación intelectual, según sus autores, está basada en evidencias empíricas de desarrollo y de aprendizaje, sobre evaluaciones neuropsicológicas de las funciones ejecutivas, en las teorías actuales psicométricas y en las teorías del procesamiento cognitivo.

El estudio de las características de desarrollo y cognitivas asociadas a la superdotación intelectual se ha venido dando durante mucho tiempo, habiéndose observado que pueden presentar un desarrollo motor precoz, con adquisiciones posturales y de locomoción más tempranas, así como en el área de la coordinación visuomanual, precocidad también en el lenguaje y un avance en el desarrollo de ciertas capacidades cognitivas (Benito y Moro, 1997; Vaivre-Douret, 2004).

El funcionamiento a nivel cognitivo de los niños superdotados presenta una velocidad de procesamiento de la información más rápida en tareas de resolución de problemas, que va unido a determinadas variables asociadas (mayor riqueza de

vocabulario, capacidad atencional, memoria, estrategias de razonamiento, etc.) también destacadas (Vaivre-Douret, 2011).

Sternberg y Davidson (1985) concluyeron que el procesamiento de información de los niños superdotados es similar al de los adultos a la hora de beneficiarse de patrones de información empleando determinadas técnicas y presentando una excepcional capacidad en la resolución de problemas y a la hora de concebir relaciones de más alto orden entre conceptos.

El alumno superdotado no sólo piensa más rápido, sino que aprende y ve los problemas de manera diferente. Se ha postulado, siguiendo la teoría emergente para la inteligencia de Foster (1986), que la inteligencia puede cambiar de propiedades cuando llega a un punto crítico, de la misma manera que el agua cambia de propiedades a diferentes grados. Autores como Hollingworth (1926), piensan que este punto podría ser un CI superior a 145, por lo que, incluso dentro del mismo grupo de superdotación, no todos los niveles funcionan de forma similar. Silverman (1993) sugirió que las características de los sujetos superdotados tienden a incrementarse en la medida en que aumenta su CI.

Algunas de las diferencias entre los superdotados con un CI por encima de 145 radican en el grado de desarrollo de sus habilidades para generalizar conceptos de un campo a otro o su capacidad para llevar a cabo un procesamiento dual, de forma que son capaces de atender a un problema mientras piensan en la solución de otro (Gross, 1998).

Igualmente, se ha observado la existencia de una diferencia cualitativa entre los menores con un CI de 130 y los de un CI >145, encontrando, por ejemplo, una diferencia significativa entre unos y otros respecto al aprendizaje precoz del abecedario en los últimos (Benito y Moro, 1997).

A nivel neurológico, la investigación del funcionamiento cerebral en la alta capacidad intelectual postula que los cerebros más inteligentes funcionan con mayor eficacia y menor consumo de energía durante la resolución de tareas, de acuerdo con la ya vista teoría de la eficiencia neuronal (Haier et al., 1992; Neubauer y Fink, 2009).

Así mismo, también se ha observado que las redes neuronales relacionadas con mecanismos de control ejecutivo y codificación, y las relacionadas con la memoria son

más eficaces en los superdotados, por lo que tienen mayor capacidad para la transmisión de información (Sastre-Riba, 2008).

Igualmente, se ha encontrado que los sujetos con inteligencias más elevadas presentan una organización más eficiente de las redes neuronales a nivel cerebral, lo que sugiere que la inteligencia humana está probablemente muy relacionada con el modo más o menos eficiente en que nuestro cerebro integra globalmente la información procedente de las múltiples regiones cerebrales (van den Heuvel, Stam, Kahn y Hulshoff Pol, 2009).

En el estudio concreto de la relación entre la memoria y la superdotación intelectual, destacan los estudios llevados a cabo por Jackson y Butterfield (1986), cuyas conclusiones principales reflejan que los niños superdotados intelectualmente tienen unos procesos de memoria, conocimientos y unas estrategias para solucionar problemas más eficaces que los sujetos de inteligencia media, y los realizados por Borkowski y Peck (1987) al determinar que los niños superdotados no sólo son más rápidos y eficientes a la hora de procesar la información, sino que tienen un mayor conocimiento y, por tanto, aprovechamiento de los tipos y estrategias que utilizan para aprender y de su metamemoria, esto es el conocimiento sobre cómo funciona su propia capacidad para recordar la información.

Se ha postulado, igualmente, que los niños superdotados presentan mayor capacidad de memoria inmediata y mejor funcionamiento de la memoria operativa, a la vez que emplean mayor número de estrategias de memoria visual y de memorización (Benito, 1996).

En la revisión de estudios llevados a cabo por Pérez y Vega (1996) en dos grandes áreas como son la memoria a corto plazo y la metamemoria, destacan que los sujetos superdotados presentan mejor rendimiento en tareas de memoria que sujetos de inteligencia media, aunque esta diferencia no es debida a un tipo distinto de estrategias empleadas, sino que simplemente adelantan su capacidad de desarrollarlas y utilizarlas eficazmente con relación a los sujetos de la media.

La superioridad de la actuación de estos niños parece que puede deberse más a su eficacia en la utilización de estrategias, la familiaridad de la información y

conocimientos que requiere la tarea, señalando que en la memoria de trabajo parece hallarse el origen de las diferencias individuales en la actuación de los niños superdotados intelectualmente, si bien no son suficientes para explicar el alto funcionamiento cognitivo (Montero-Linares, J., Navarro-Guzmán, J.I. y Aguilar-Villagrán, M., 2013).

En cuanto a la memoria visual, según Benito (1990), el niño superdotado tiene mayor madurez, entre otras, en las áreas relacionadas con el procesamiento de la información y los procesos neurológicos que traducen en actividad motora lo que se percibe. Normalmente, el procesamiento de la información en los niños superdotados está por encima de lo esperado a su edad cronológica, sobre todo a nivel de percepción y memoria visual, coincidiendo frecuentemente la memoria visual con la edad mental, cuestión que será más detallada en apartados posteriores del presente trabajo.

## **1.6. Conclusiones**

El avance en el campo teórico de la inteligencia ha tenido un largo recorrido desde los planteamientos filosóficos de siglos atrás, pasando por los estudios empíricos de Galton a finales del s. XIX, inicio de las principales teorías en este campo, hasta el consenso generalizado de un único modelo integrador, el modelo de Carroll (1993), base de los actuales tests de inteligencia mundialmente más reconocidos en el estudio de la inteligencia: las escalas Wechsler y Stanford-Binet.

A nivel científico los logros no han sido menos resaltables, consiguiendo, gracias a las numerosas investigaciones y a las aportaciones más recientes en el campo de la neurociencia, un conocimiento amplio del término “inteligencia”.

De esta forma, los métodos modernos de neuroimágenes han contribuido de forma considerable, encontrándose que no existe una única estructura neuroanatómica subyacente a la inteligencia general, sino que es la conjunción de diferentes áreas cerebrales la clave, considerándose las áreas frontales y parietales zonas esenciales de la inteligencia, junto a las zonas posteriores. Las áreas de esta red de conexión neuronal representan diferentes etapas del procesamiento de información desde la percepción sensorial en las zonas posteriores, pasando por la abstracción en las áreas parietales y

finalizando en la verificación y toma de decisiones en las zonas anteriores (frontales) del cerebro.

Igualmente, los avances científicos han permitido aumentar nuestra comprensión de la neurobiología de la inteligencia, planteando que la inteligencia también está relacionada con el hecho de cómo de eficaz trabaja el cerebro. Se trata de ver no sólo dónde radica la inteligencia en el cerebro humano, sino también de cómo funciona dicho cerebro. Este planteamiento tiene que ver con la hipótesis de la eficiencia neuronal referida al hecho de que los cerebros más inteligentes emplean de forma más eficaz redes neuronales, ya sea a través de una economización de la energía invertida en el proceso o de una selección de redes específicas ante determinadas tareas.

Este fenómeno se ha visto está muy relacionado con los procesos de mielinización en el desarrollo humano, de forma que mayores niveles de mielinización favorecen velocidades de procesamiento de la información más rápidas. Pero no sólo la velocidad de procesamiento es considerada fundamental, sino que también la importancia de la capacidad de almacenaje de dicha información se ha confirmado función cognitiva clave para la inteligencia. Ambos elementos tienen un período clave de desarrollo en la infancia, en torno a los 6-8 años, tanto porque éste es un pico crucial en el balance sustancia gris-sustancia blanca en el cerebro, como por ser un período sensible en el desarrollo de la adquisición de las funciones ejecutivas, dentro de las cuáles se incluye la memoria de trabajo.

Durante la infancia y la adolescencia, se ha visto existe una relación positiva entre el grado de maduración de la sustancia blanca y el grado de activación cortical en regiones frontales y parietales, relacionada, en este período de edad, a funciones cognitivas específicas como la memoria de trabajo visoespacial (Klingberg, 2006).

Igual de destacables, en esta línea, son los descubrimientos en relación al diferente modelo de crecimiento cortical en el caso de las inteligencias más altas, que apuntan a cambios neurobiológicos específicos a nivel cerebral (Shaw et al., 2006; Pangelinan et al., 2011), así como diferentes trayectorias en el desarrollo de la materia gris y blanca entre niños y niñas (Koolschijn y Crone, 2013), alcanzando las niñas un volumen de desarrollo máximo en la materia gris antes que los niños (Lenroot et al., 2007). De forma similar, variaciones en cómo el cerebro madura también pueden

predecir diferencias en inteligencia entre los sujetos, dado que se ha podido comprobar empíricamente que el nivel de inteligencia está relacionado con el modelo de crecimiento cortical durante la niñez y la adolescencia (Shaw et al., 2006; Pangelinan et al., 2011).

El hecho de que la capacidad intelectual en el ser humano tenga que ver con factores tales como la dotación biológica en la morfología cerebral o cambios neurobiológicos específicos, en función de variables como la edad o el género, posibilita todo un amplio abanico de estudio en el área de las diferencias individuales que acaba de comenzar.

Sin embargo, hay que destacar que si bien las escalas de inteligencia han ido evolucionando a lo largo de los años, resulta llamativo cómo las versiones más recientes de las mismas, sustentadas en los principios teóricos más innovadores, tienen mucho que ver con los planteamientos más iniciales recogidos en los primeros tests de inteligencia bajo un enfoque más monolítico de la inteligencia.

Esto pone de manifiesto que los planteamientos iniciales en el estudio de la inteligencia, más relacionados con la visión de Galton de que la inteligencia podía ser estimada a partir de la evaluación de las funciones sensoriales y motoras, no están tan alejados de lo que aún hoy en día seguimos haciendo, según han reflejado diversas investigaciones empíricas en esta área que han puesto de manifiesto que la inteligencia medida a través de tests psicométricos de la inteligencia guarda relación con el desarrollo de los procesos de maduración neurobiológica del cerebro (Guerra, 2002; Burgaleta et al., 2014; Schnack et al., 2014; Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014; Wilke et al., 2003).

## **CAPÍTULO II: NEUROPSICOLOGÍA Y MEMORIA VISUAL**

### **2.1. La neuropsicología**

#### **2.1.1. Pinceladas de la neuropsicología**

Si hubiera que remontarse a los orígenes de la neuropsicología, entendida ésta como la ciencia que estudia la relación entre el cerebro y la conducta, habría que volver la vista, de nuevo, a siglos atrás. Hipócrates, por ejemplo, ya defendió allá por el siglo V a.C. que el cerebro regulaba determinadas funciones. Su obra *La enfermedad Sagrada* supone un reflejo de sus estudios con pacientes epilépticos y representa un buen ejemplo de la discusión en la antigüedad sobre las funciones del cerebro.

Aunque algunas personas dicen que el corazón es el órgano con el que se piensa, y el que siente el dolor y la ansiedad, ello no es así. El cerebro es el órgano más poderoso del cuerpo humano, siendo además el intérprete de la conciencia (Hipócrates citado en León-Carrión, 1995, p. 2).

Menos alejados en el tiempo están los antecedentes relacionados con la corriente localizacionista imperante en el siglo XIX, aunque podrían señalarse precedentes de este movimiento en las afirmaciones de Galeno acerca de los ventrículos cerebrales como órganos responsables de los procesos psicológicos o la mención de la glándula pineal por parte de Descartes (León-Carrión, 1995).

Los localizacionistas, tal y como eran denominados los autores defensores de esta corriente teórica, mantenían que áreas específicas del cerebro se relacionaban con

aspectos concretos de la actividad psicológica. Basaban sus teorías en los estudios *post-mortem* que llevaban a cabo con los pacientes que habían mostrado determinadas patologías, poniendo de manifiesto el “lugar dañado” del cerebro que justificaba tal patología.

De entre los localizacionistas, uno de los autores más relevantes por los mapas cerebrales elaborados, señalando las localizaciones de las diferentes funciones mentales, fue el anatomista Gall, a principios del s. XIX, a quien se considera el antecesor más directo de la neuropsicología. De sus estudios pueden extraerse una serie de ideas que serían claves para el asentamiento de la neuropsicología: destacó como características fundamentales del hombre, el extraordinario desarrollo de su cerebro, especialmente el lóbulo frontal; diferenció entre materia gris y materia blanca en el cerebro; estableció que los nervios craneales no se originaban en el cerebro sino en la médula; o explicó la existencia de los pliegues cerebrales como medida de economización del espacio dentro del cráneo.

Igual de importantes fueron otras ideas aportadas por autores de aquella época como la especialización hemisférica (Wigan, 1844) o la localización precisa a nivel cerebral del lenguaje tanto expresivo como comprensivo (Broca, 1863; Wernicke, 1874; ambos citados en Ardila y Rosselli, 2007), de forma que hacia mediados del siglo XIX ya se habían descrito la mayoría de los síndromes neuropsicológicos y se conocía básicamente la participación de cada hemisferio cerebral en diferentes procesos neuropsicológicos.

Mención especial merecen, a principio del siglo XX, los nobeles Ramón y Cajal y Golgi por sus estudios sobre las neuronas, los axones y las dendritas. En esta época aparecen también diversos estudios que suponen hitos importantes para la posterior evaluación neuropsicológica como fueron los relacionados con el primer registro de un potencial de acción cerebral (Gasser y Erlanger, 1922), el descubrimiento del electroencefalograma (Berger, 1929) o las publicaciones de las obras de Luria sobre las funciones corticales superiores.

Durante la Segunda Guerra Mundial y en los años posteriores, el número creciente de pacientes heridos con alteraciones cognoscitivas, consecuentes a las lesiones, incrementó la demanda de procedimientos diagnósticos y rehabilitadores.

El primer resultado importante de la posguerra fue la aparición del libro de A.R. Luria, *La afasia traumática*, publicado en ruso en 1947 y en inglés en 1970, que presenta una serie de propuestas originales acerca de la organización cerebral del lenguaje y de su patología, con base en la observación sistemática de centenares de heridos durante el conflicto bélico. La influencia de Luria en las interpretaciones teóricas y clínicas de las afasias ha sido inmensa. Sus puntos de vista se sistematizaron posteriormente en otras obras suyas, como *El cerebro humano y los procesos psicológicos* (1966), *Las funciones corticales superiores en el hombre* (1976), *El cerebro en acción* (1974) y *Fundamentos de neurolingüística* (1976)” (Ardila y Rosselli, 2007, p.6).

Es a partir de la obra de este último autor, el punto en el que se postula el verdadero nacimiento de la neuropsicología, considerándose a Luria como el padre de la misma. Elaboró la teoría de la localización de las funciones psicológicas superiores del hombre, que denominó “Teoría de la localización sistémico-dinámica de las funciones”, donde es clave el concepto de *función* (Luria, 1962, citado en Xomskaya, 2002).

Distanciándose de las ideas previas existentes en el ámbito del localizacionismo, donde se atribuía una función concreta a una parte determinada del cerebro, Luria propuso que una misma zona cerebral podía estar implicada en el desarrollo de diferentes funciones, a la vez que la ejecución de una determinada función podría requerir de diversas zonas cerebrales. Así pues, para Luria el concepto *función* no era algo estático y determinado, sino dinámico.

En la segunda mitad del siglo XX surgen numerosos avances que supondrán un fuerte empuje a la ciencia de la neuropsicología, sobre todo los relacionados con las técnicas e instrumentos específicamente desarrollados para la exploración del cerebro. Gracias a metodologías como la ya mencionada TEP o la Resonancia Magnética Funcional (RMF) se pueden observar las modificaciones que experimenta la actividad cerebral durante la realización de diferentes actividades cognitivas. En los últimos años se ha observado un énfasis en el estudio de los aspectos cognitivos, entre otros motivos, porque las alteraciones cognitivas son muy llamativas en la mayoría de las alteraciones cerebrales y porque pueden ser fácilmente evaluables y correlacionadas con datos neuroanatómicos (Caballo, 2005).

Así pues, la investigación neuropsicológica sobre el desarrollo del cerebro proporciona información acerca de las relaciones entre la cognición, el comportamiento y el funcionamiento cerebral. Los estudios sobre las relaciones entre el rendimiento mostrado en un test cognitivo y la función y estructura cerebrales permiten comprender mejor el efecto que los fallos en determinadas vías neuronales causan en las dificultades cognitivas, así como el nivel de desarrollo cerebral. El presente trabajo pretende analizar la influencia de las funciones específicas de memoria visual y habilidades visuoestructurales en el desarrollo general de la inteligencia humana.

## **2.2. La Memoria Visual**

### **2.2.1. Evolución del concepto a lo largo de la historia: primeras evidencias experimentales**

La memoria visual (MV), llamada inicialmente también memoria icónica, comenzó a ser estudiada por Sperling en 1960, quien en su tesis doctoral aportó evidencias experimentales a favor del registro visual. Se entiende por MV aquella capacidad de registro y almacenaje referida a estímulos visuales en contraste con los estímulos verbales. Los estímulos visuales pueden referirse tanto a letras, números o simples dibujos.

Sin embargo, años antes, a finales del siglo XIX, ya habían aparecido una serie de autores que señalaban que la MV era un tipo de memoria independiente de la memoria verbal o auditiva. Así, destacar a Ribot (1927) con su obra *Enfermedades de la memoria* o a Sir William Hamilton, filósofo del siglo XIX, con su demostración empírica acerca de la capacidad limitada de este tipo de memoria, posteriormente corroborada por Jevons (1871).

Ya años después, cuando se pudo disponer del taquitoscopio (aparato que permitía la presentación gráfica de estímulos visuales por períodos de tiempo graduables), los experimentos realizados en este sentido tuvieron un mayor rigor científico.

Así Cattell, a finales del s. XIX, realizó varios experimentos presentando a los sujetos una serie de conjuntos de letras o palabras, a través del taquitoscopio, para informar del número de letras o palabras que eran capaces de recordar tras una sola exposición (informe total del estímulo presentado). Los resultados obtenidos permitieron concluir que cuando el estímulo contenía hasta cuatro elementos los sujetos apenas cometían errores en el recuerdo total, pero a medida que aumentaba el número de elementos aumentaban, a su vez, los errores. A este número de elementos (entre cuatro o cinco) se le pasó a denominar “amplitud de aprehensión” de la MV (Ruíz Vargas, 1991).

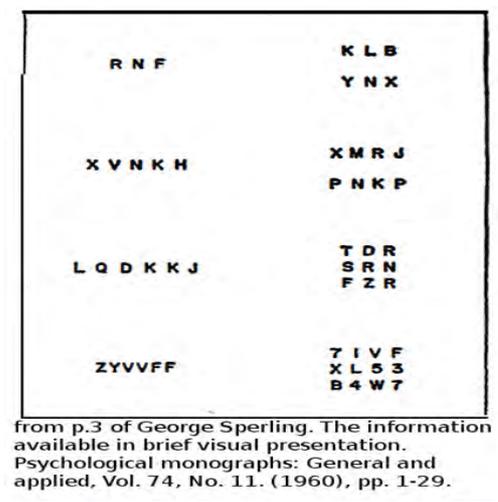
Volviendo a Sperling (1960), el punto principal de sus estudios era precisamente la mencionada amplitud de aprehensión, entendiendo por ésta la cantidad de información correctamente identificada y recordada tras una sola exposición breve. El autor conocía de antemano los trabajos realizados en este ámbito por diversos autores en años anteriores, pero le llamaba enormemente la atención un comentario que los sujetos estudiados reiteraban: aunque sólo podían recordar cuatro o cinco elementos, eran conscientes de que habían sido presentados más elementos en un principio.

Sperling se planteó, pues, estudiar detenidamente este fenómeno por lo que realizó dos experimentos en los que manejaba diferentes variables. En el primero de ellos tomó como variable independiente la duración de la exposición inicial de los elementos a recordar posteriormente. Varió el tiempo de exposición desde 15 a 500 milisegundos (esto es, medio segundo), entendiendo que si la duración de los estímulos expuestos fuera mayor, la persistencia continua de imágenes visuales produciría un solapamiento y por lo tanto un caos entre la información contenida en las imágenes sucesivas. Los resultados hallados se mantuvieron más o menos constantes: los sujetos sólo eran capaces de recordar 4 ó 5 elementos, independientemente del tiempo de exposición.

En el segundo experimento utilizó una técnica por entonces nueva, denominada técnica del informe parcial, con el objetivo de averiguar si el sujeto tenía más información “disponible” de la que había referido anteriormente en la prueba de memoria. La técnica consistía en que, manteniendo el tiempo de exposición constante,

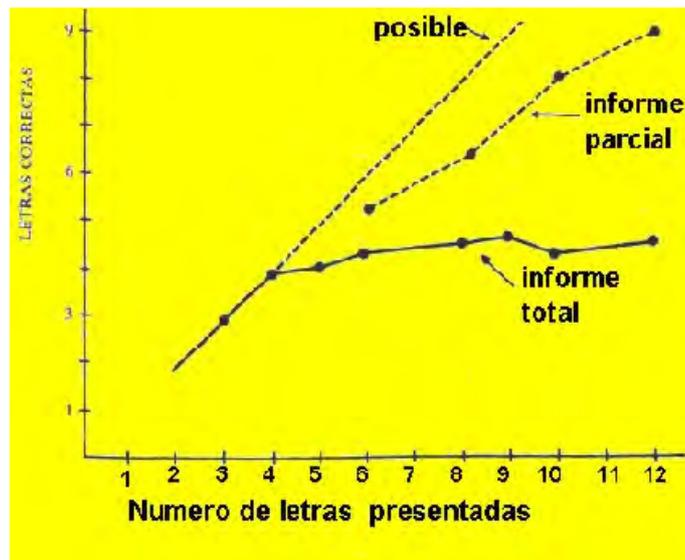
50 milisegundos, se presentaban a los sujetos tarjetas de 6, 8, 9 y 12 letras, donde cada exposición iba acompañada de un sonido de diferente frecuencia, por ejemplo 2.500, 650 ó 250 Hz, tonos que se mantenían durante los 50 milisegundos.

Según el sonido que escucharan, los sujetos tenían que recordar después una parte determinada de la tarjeta donde figuraban las letras (por ejemplo, fila superior, del medio o inferior). Los sujetos de antemano desconocían qué sonido era el que iban a escuchar posteriormente, por lo que debían intentar memorizar todas las letras presentadas en la tarjeta.



**Figura 10: Ejemplo de material empleado por Sperling en sus experimentos. Imagen tomada de [http://www.piratesandrevolutionaries.blogspot.com/2014\\_04\\_01\\_archive.html](http://www.piratesandrevolutionaries.blogspot.com/2014_04_01_archive.html)**

Según este experimento, se pretendía conocer cuál era la cantidad exacta de letras que los sujetos tenían disponible en su mente antes de solicitárseles que recordaran unos estímulos determinados. Sperling encontró que el promedio era de 9,1 letras, cantidad que contrasta con las 4 ó 5 letras halladas de promedio mediante las técnicas de informe total, como puede observarse gráficamente en la figura a continuación detallada.



**Figura 11: Comparación de la ejecución en el recuerdo de letras utilizando la técnica del informe total y la técnica del informe parcial en los experimentos de Sperling, 1960. Imagen tomada de [http://www.ub.edu/pa1/node/almacen\\_visual](http://www.ub.edu/pa1/node/almacen_visual)**

La cuestión que entonces se planteó Sperling fue conocer qué ocurría con ese número de letras o elementos de las que el sujeto dispone, pero que posteriormente es incapaz de recordar. Realizó de nuevo un experimento para estudiarlo, en el que demoraba el tiempo de presentación de la señal acústica (0, 150, 300, 500 y 1,000 milisegundos). Los resultados hallados indicaron que cuanto más tiempo de intervalo se concedía, menor era el número de letras que el sujeto podía recordar.

La discrepancia de los resultados hallados, a través tanto de las técnicas de informe parcial como total, puso de manifiesto la existencia de un almacén de MV que es extremadamente exacto pero que decae de forma muy rápida y gradual.

Por aquella misma época, Averbach y Coriell (1961) llevaron a cabo también diversos estudios sobre la MV. El planteamiento de estos estudios era muy similar a los expuestos por Sperling; la única variación consistía en que, en lugar de presentar un estímulo auditivo para indicar qué parte de la tarjeta con letras presentada debía ser recordada tras una demora variable (desde 0 a 500 milisegundos), presentaban un marcador visual (una barra). La tarea del sujeto era recordar qué letra había ocupado el lugar que después aparecía señalado con una barra. Cuanto mayor era el intervalo de presentación de la barra tras la exposición inicial de la tarjeta, más se deterioraba la respuesta del sujeto.

Encontraron, sin embargo, algo significativo: con un intervalo de 300 milisegundos el número de letras recordadas era el mismo que hasta con una demora de 500 milisegundos: 4 ó 5. Así pues, los hallazgos demostrados por Sperling y corroborados por Averbach y Coriell vinieron a confirmar una serie de características básicas de la MV, que posteriormente otros autores confirmaron con estudios de carácter similar (Keele y Chase, 1967), destacando su capacidad limitada y su rápida decadencia.

Atkinson y Shifrin (1968), en su modelo multimodal de memoria, situaron a este tipo de MV bajo el epígrafe de “memoria sensorial” (memoria icónica y memoria ecoica), distinguiéndola por su breve duración (apenas unos milisegundos) de la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. La primera se relaciona con el almacenaje de información el tiempo suficiente como para poder ser utilizada en un tiempo muy breve (tras pocos segundos) con una capacidad también limitada, y la segunda con el recuerdo durante períodos de tiempo más amplios y de capacidad ilimitada.

Respecto a este nivel de percepción inicial, Hollingworth (2004, 2006) señaló que mientras se procesa la información visual se comienza a memorizar dentro de una cantidad limitada de tiempo, pero si hay una persistencia visual puede ampliarse la imagen visual hasta un período de tiempo más prolongado, logrando sintetizar y agrupar los diferentes elementos dentro de una misma escena. Así, Hollingworth subdividió este tipo de memoria icónica, a su vez, en dos almacenes de memoria diferenciados, “persistencia visible y persistencia informacional”, situando la permanencia de la primera en 80-100 ms frente a la duración de la segunda, 150-300 ms. Ambos almacenes de memoria están fácilmente sujetos a efectos de interferencia.

### **2.2.2. La memoria de trabajo y el componente visual**

En relación a la memoria a corto plazo, frente a los modelos vigentes en aquel momento (Atkinson y Shifrin, 1968), Baddeley y Hitch (1974) postularon que este sistema de memoria no podía ser considerado como un mero espacio de almacenamiento “pasivo”, de forma que si se “llenaba” en toda su capacidad no podía ser empleado para otros tipos de tareas cognitivas.

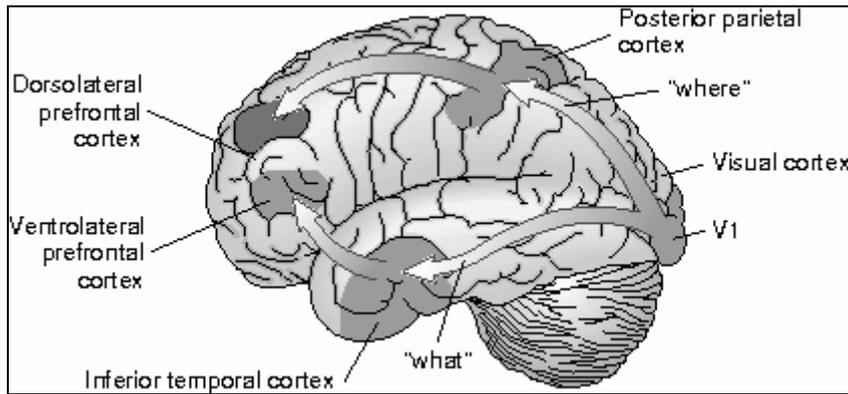
En sus estudios, los autores les habían pedido a los sujetos de sus experimentos que recordaran una determinada lista de dígitos (tarea típica empleada para evaluar la capacidad de la memoria a corto plazo) mientras realizaban de forma paralela un ejercicio de razonamiento, que también requería memorizar determinados datos. Los autores observaron que los sujetos eran capaces de llevar a cabo dicha tarea, aunque a una velocidad más enlentecida en función del número de dígitos que iba aumentando para ser recordados. Plantearon, así, que el espacio de almacenamiento de memoria a corto plazo habría de tener otros subsistemas dentro de él, que explicarían los resultados obtenidos.

Postularon, de este modo, un modelo de memoria “operativa” (más conocida como “memoria de trabajo” o *working memory*) que supondría una reconceptualización de la memoria a corto plazo entendida hasta entonces y que habría de guiar las posteriores investigaciones en el campo de la memoria.

El modelo defendía la existencia de diferentes componentes dentro de esta memoria operativa: en primer lugar, un “ejecutivo central” responsable de controlar los recursos y procesar la información, a la vez que recuperar la información desde la memoria a largo plazo, y, seguidamente, dos subsistemas esclavos: el “lazo fonológico”, encargado de la información verbal, y la “agenda viso-espacial”, responsable de la información visual y espacial.

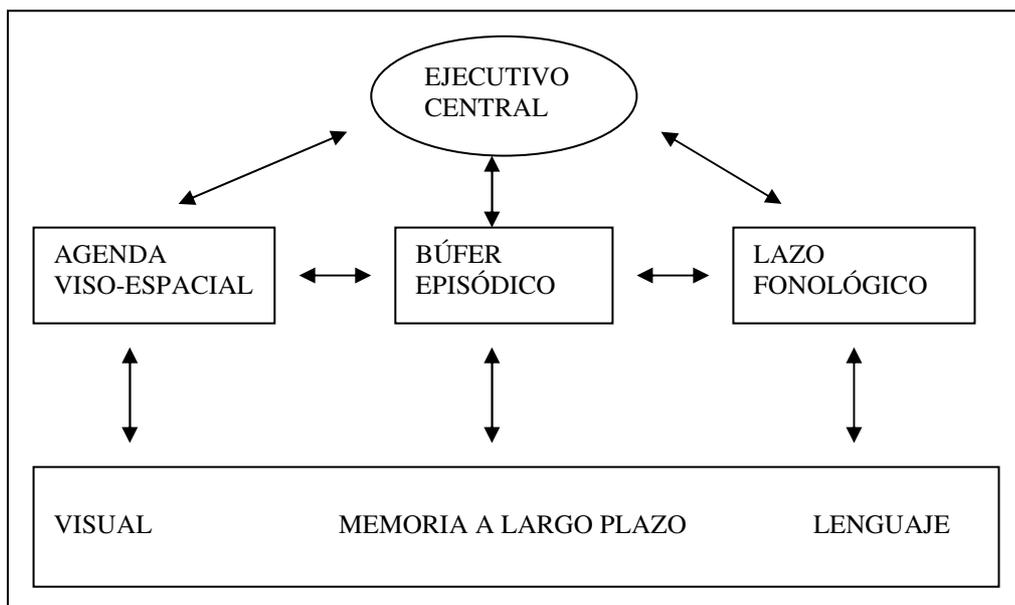
Incluso concretando más, Baddeley (1996) apoyó la conclusión extraída de los estudios de Ungerleider y Mishkin (1982), quienes demostraron, a través de experimentos con primates, que existen dos vías de procesamiento de la información visual: una vía central-occipital o la vía del “qué” (“*what*”), que identifica las cualidades de un objeto, y una vía dorsal occipital-parietal o vía del “dónde” (“*where*”), que identifica la posición espacial del objeto (ver figura 12). Estas vías, diferenciadas pero estrechamente interconectadas, transportan información visual a distintas áreas de la corteza.

Esta diferenciación entre procesamiento de objetos y procesamiento espacial está claramente en línea con hallazgos a nivel neuropsicológico que muestran disociaciones entre los sistemas cerebrales involucrados en la memoria de trabajo espacial y la visual (Darling, Della Sala y Logie, 2007).



**Figura 12: Diferenciación cerebral a nivel de memoria de trabajo visual y memoria de trabajo espacial. Imagen tomada de <http://dericbownds.net/bom99/Ch12/Ch12.html>**

Posteriormente se añade un cuarto elemento al modelo, denominado “búfer episódico”, cuya función es la de integrar la información multimodal proveniente de los subsistemas esclavos o de la información recuperada del almacén a largo plazo, con limitación temporal y espacial. El búfer episódico se encuentra también controlado por el ejecutivo central, que accedería a la información mediante procesos de atención consciente. La información en él almacenada estaría relacionada con la memoria a largo plazo y con significados semánticos (Baddeley, 2000).



**Figura 13: Representación del modelo de memoria operativa de Baddeley (2000).**

Más recientemente se ha extendido el papel de la agenda viso-espacial, pasando a ser descrita como “un subsistema que se ha desarrollado para ofrecer una vía de integración de información visuoespacial desde múltiples fuentes: visual, táctil y cinestésica, así como tanto de la memoria a largo plazo episódica y semántica” (Baddeley, 2007, p.101).

Es también interesante mencionar, por su influencia en los planteamientos teóricos sobre la inteligencia de Carroll, el modelo de Hunt (1971). Este modelo diferencia entre componentes básicos de la memoria y procesos de control. Los componentes básicos serían cuatro: el búfer sensorial (equivalente a la memoria sensorial), la memoria a corto plazo, la memoria a medio plazo y la memoria a largo plazo. Los procesos de control, en cambio, se referirían tanto a procesos atencionales y de repaso que permiten trasladar la información del buffer sensorial a la memoria a corto plazo y mantenerla ahí, como a procesos de formación de bloques de información que ayudan a mantener más cantidad de información en dicho almacén. Se incluyen, así mismo, procesos de codificación que permiten trasladar la información a almacenes superiores y, finalmente, procesos de búsqueda para la recuperación de información en la memoria a largo plazo.

El modelo de memoria operativa ha guiado las investigaciones en el área de la memoria a corto plazo en los últimos años, por lo que el presente trabajo de investigación sigue esta estela al centrarse en el estudio de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas, dado el papel fundamental del componente visual en las tareas de copia y dibujo de memoria (Guérin, Ska y Belleville, 1999).

### **2.2.3. Un nuevo concepto: la memoria de trabajo visual**

Logie (1995, 2003) profundiza en la idea de la agenda viso-espacial del modelo de Baddeley y Hitch (1974) (ver figura 13) y la fracciona, a su vez, en dos subcomponentes: *visual cache* e *inner scribe*. El primero, *visual cache*, es el encargado de retener en la memoria el material visual estático, como formas o colores, sujeto al declive y a la interferencia (Duff y Logie, 1999).

El segundo, *inner scribe*, se define como el componente activo encargado de la información acerca de secuencias de movimiento y del repaso, que refresca los contenidos de la agenda viso-espacial y reduce el tiempo de la recuperación de información. Este componente podría ser también responsable de la manipulación de imágenes y, por lo tanto, estar más implicado en el componente espacial del sistema.

Además, señala Logie que la naturaleza del almacenamiento en la agenda viso-espacial no es sólo perceptiva, sino que también tiene lugar una vez la información ha sido procesada en la memoria a largo plazo. Argumenta que la información que se procesa, tanto en el componente visual como espacial, puede provenir de representaciones de memoria a largo plazo de la forma visual de los objetos. Los resultados del estudio de Santana, Godoy, Ferrerria, Farias y Galera (2013), en relación a las interferencias en la memoria de trabajo visual, confirman esta visión.

Cuando las representaciones de la memoria a largo plazo están activadas, la información entra en la parte visual o espacial del sistema (según la naturaleza de la información activada), de forma que se considera que la memoria de trabajo no es sólo una etapa previa al paso de la información a la memoria a largo plazo, sino que en sí misma es un espacio de trabajo para estas representaciones activadas. Se refuerza, así, el papel constructivo de la memoria, pasando a hablarse del concepto de “memoria de trabajo visual” (MTV), término que ha inundado las investigaciones en las últimas décadas.

Esta explosión de investigaciones en relación al tema de la MTV a lo largo de los últimos años tiene su explicación en una serie de factores, en opinión de Luck y Vogel (2013).

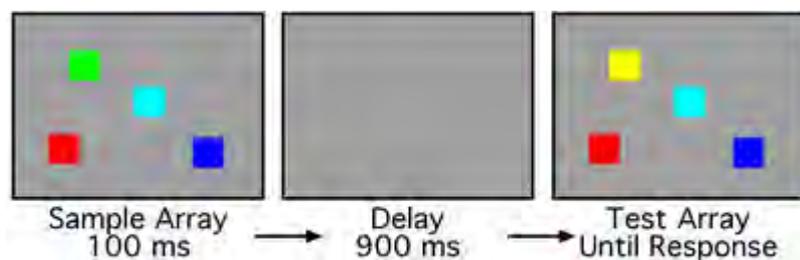
En primer lugar, los trabajos llevados a cabo por Logie durante los años 90, que permitieron poner de manifiesto la afectación de la mnemotécnica visual frente a la verbal ante determinadas tareas, supusieron un cambio de enfoque sobre los estudios que predominaban esos años, centrados en el subcomponente verbal de la memoria de trabajo.

Por otro lado, el paradigma de detección de cambios (Luck y Vogel, 1997) se popularizó por proveer un medio de estudiar el subcomponente visual a través de métodos más precisos. Dicho paradigma consistía en presentarle al sujeto dos conjuntos de ítems, con un intervalo medio de retención, ante los que debía señalar si se había

producido o no algún cambio Este método permitió cuantificar la capacidad de la memoria de trabajo visual y unirla al enorme cuerpo de investigación en el campo de la visión.

Este tipo de tareas fue introducido por Phillips (1974), al emplear en sus estudios materiales difíciles de verbalizar: básicamente patrones abstractos de cuadros blancos y negros formando una matriz que variaba en complejidad. El sujeto era expuesto ante un conjunto aleatorio de estos estímulos visuales, y tras intervalos de retención variables, de nuevo era presentado por un conjunto de estímulos que podían ser o no ser los inicialmente expuestos. Los resultados mostraban que la ejecución del sujeto era casi perfecta hasta un intervalo de retención de 1 segundo, a partir del cual la ejecución empeoraba, correlacionando además este hecho con el nivel de dificultad de los conjuntos de estímulos. Sin embargo, la ejecución, aunque más pobre, no disminuía más con intervalos entre 2 y 9 segundos, pareciendo clave esta limitación temporal de 9 segundos.

Pese a sus resultados, este paradigma de evaluación fue más ampliamente conocido a raíz de los estudios de Luck y Vogel (1997). En estas tareas de detección de cambios, se presentaba al sujeto una serie a memorizar que contenía un reducido número de objetos sencillos, por ejemplo cuadrados coloreados, durante un tiempo de exposición breve (100-500ms), seguido de una breve pausa (500-1000ms). Tras la pausa, se presentaba al sujeto de nuevo una serie a evaluar en la que todos los colores eran iguales (sin cambios desde el ensayo) o uno podía haber variado (cambios desde el ensayo). La capacidad de memoria era estimada en función de cómo el rendimiento declinaba a medida que el número de ítems aumentaba.



**Figura 14: Ejemplo de tarea de detección de cambios para memoria visual. Imagen tomada de [http://www.scholarpedia.org/article/Visual\\_short\\_term\\_memory](http://www.scholarpedia.org/article/Visual_short_term_memory)**

Este tipo de tareas tiene ventajas frente a otro tipo de tareas visuoespaciales, en opinión de Buss et al. (2014), debido a que la breve presentación de los estímulos y el corto período de pausa reducen la probabilidad de una recodificación verbal, y al hecho de que la localización normalmente no es una dimensión relevante en la tarea, dado que los ítems se presentan habitualmente en la misma posición, por lo que la influencia de la memoria espacial se minimiza.

Y finalmente, otro de los factores señalados por Luck y Vogel (2013) en relación a la explosión de investigaciones sobre la MTV, ha sido el hecho de que los investigadores han descubierto los correlatos neuronales del mantenimiento de la MTV. Diversos trabajos han revelado una red de regiones corticales frontales y posteriores que subyacen a la misma. Las representaciones en la MTV son activamente mantenidas en el surco intraparietal, el córtex prefrontal dorso-lateral, el córtex ventral-occipital para el color del estímulo y el complejo lateral-occipital para la forma del estímulo. Muchas de estas regiones muestran un aumento en el nivel de oxígeno en sangre (medido a través de técnicas de IRM) a medida que aumenta el número de ítems que deben ser recordados (Todd y Marois, 2004, 2005).

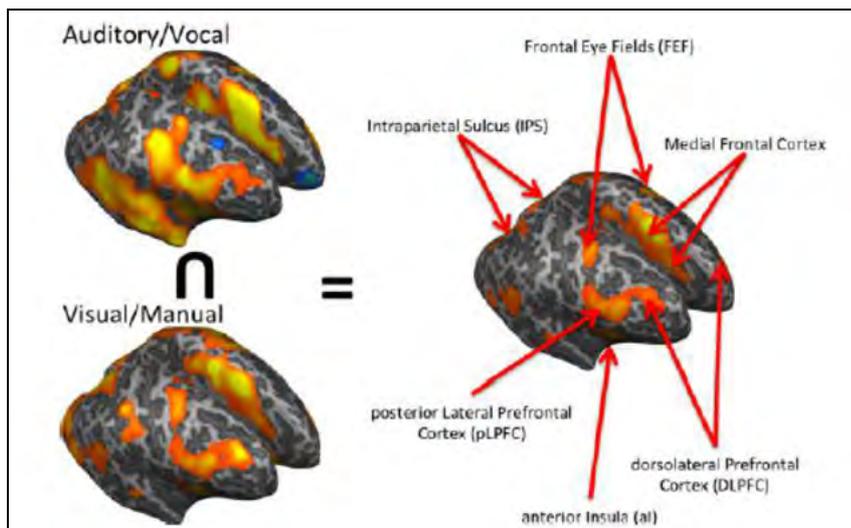


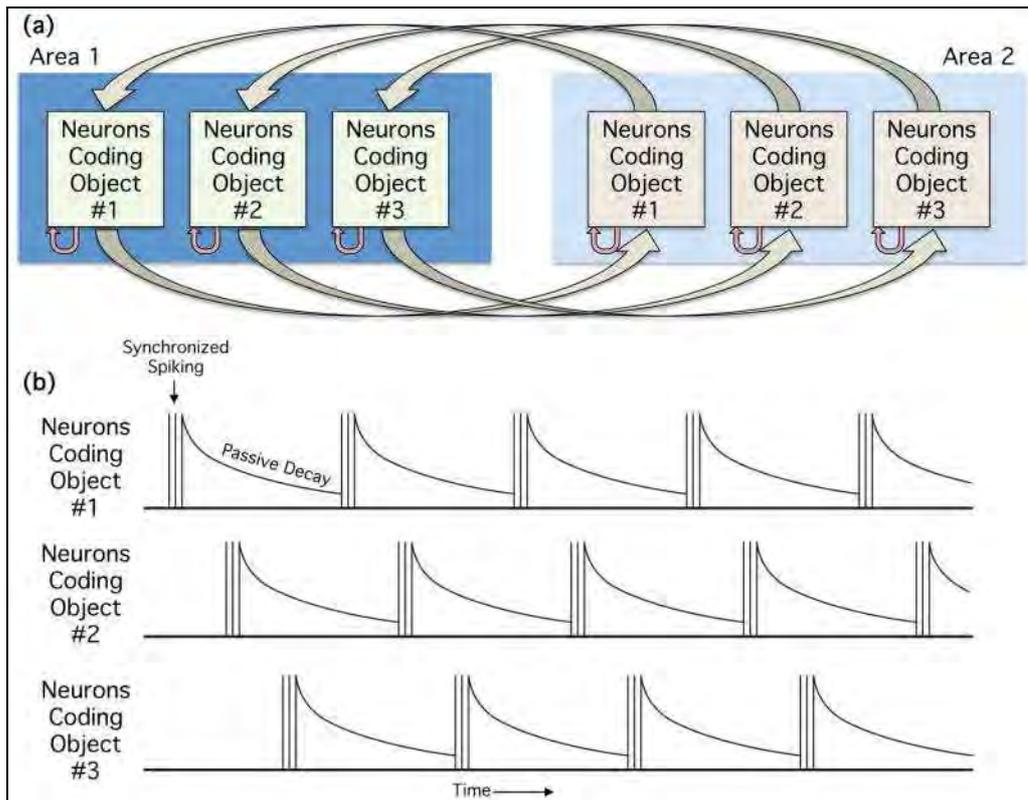
Figura 15: Correlatos neuronales del mantenimiento de la memoria de trabajo visual. Imagen tomada de [http://www.psy.vanderbilt.edu/faculty/marois/wordpress/?page\\_id=8](http://www.psy.vanderbilt.edu/faculty/marois/wordpress/?page_id=8)

Igualmente, a través del empleo de la técnica TEP, ha podido observarse que la memoria visual muestra asociaciones con la activación en el córtex visual, en el giro supramarginal derecho, situado en la parte inferior del lóbulo parietal, y en la corteza prefrontal (Román, Sánchez y Rabadán, 2010).

En cuanto al mantenimiento de las representaciones en la memoria, los modelos de redes neuronales asumen que este proceso se lleva a cabo a través de anillos recurrentes en los cuales la información pasa de un conjunto de neuronas a otro y vuelve de nuevo al primero (Luck y Vogel, 2013). Esto explicaría la persistencia de los recuerdos, la actividad nerviosa incrementada observada durante el intervalo de retención y los hallazgos de oscilaciones mientras la actividad salta de atrás a adelante entre poblaciones neuronales.

Un anillo recurrente puede fácilmente mantener un simple estímulo, pero es más difícil que mantenga las representaciones de múltiples ítems en una única representación. Para solucionar este problema, todas las neuronas que representan un ítem dado están unidas entre sí en una rejilla y sólo una celda de esa rejilla se “activa” en un momento dado. La sincronía dentro de la rejilla ayuda a mantener la activación, y la asincronía entre diferentes rejillas evita la interferencia entre las representaciones de diferentes ítems.

Según el modelo, una rejilla pasivamente “decae” después de su activación, y la representación se perderá si pasa mucho tiempo antes de que se “active” de nuevo. En consecuencia, el número de ítems que pueden ser mantenidos es limitado debido a la necesidad de mantener activas múltiples rejillas al mismo tiempo, mientras también se previene retrasos demasiado largos entre activaciones de una rejilla dada para que no decaiga demasiado.



**Figura 16: Representación del modelo de mantenimiento de la información en la memoria de trabajo visual según Luck y Vogel (2013). Imagen tomada de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23850263>**

La figura representa tres rejillas neuronales que codifican objetos separados en la MTV. Cada rejilla consta de un grupo de neuronas de una o más áreas corticales. En el apartado (a), grupos de neuronas codificando un objeto dado forman anillos recurrentes locales dentro de un área (pequeñas flechas en forma de U) y anillos recurrentes más amplios entre áreas (flechas grandes). Las conexiones recurrentes ocasionan que la actividad sea mantenida a lo largo del tiempo, y que la actividad oscile ya que rebota entre las neuronas (tanto dentro como entre las diferentes áreas corticales).

En la sección (b), las neuronas de una rejilla determinada se disparan por períodos breves de forma conjunta (representado por las líneas verticales) y después la actividad decae. Las diferentes rejillas se disparan en momentos diferentes, minimizando el efecto de interferencia entre ellas. Sin embargo, una rejilla determinada debe dispararse de nuevo antes de decaer demasiado, en cuyo caso la rejilla se desactiva y la representación en la MTV se pierde. Esto limita el número de rejillas que pueden ser activadas de forma simultánea sin interferirse entre ellas o caer en el olvido.

Este modelo también permite dar explicación al hecho de que objetos multidimensionales puedan ser recordados más fácilmente como objetos unidimensionales porque las neuronas que codifican diferentes dimensiones pueden sincronizarse en una única rejilla.

Según Luck y Vogel (2013), la MTV puede ser definida como el mantenimiento activo de información visual para servir a las necesidades de tareas en curso, destacando tres componentes clave:

Primero, para calificarse como MTV, no es suficiente con que la información sea adquirida a través de la modalidad visual, sino que también la representación de la información debe ser visual en su naturaleza; segundo, la MTV está basada en un mantenimiento activo, esto es, las representaciones en esta memoria se mantienen por un cambio en la actividad nerviosa requerida más que por un cambio en la fuerza sináptica..., lo que diferencia a las representaciones en la MTV de los recuerdos a largo plazo, almacenados más “pasivamente”; y tercero, las representaciones deben ser empleadas en el servicio de tareas cognitivas más amplias (Luck y Vogel, 2013, p.392).

De forma resumida, y en palabras más coloquiales, podría definirse la MTV como el elemento esencial de vínculo entre la percepción visual y las funciones cognitivas superiores, facilitando el mantenimiento activo de información relacionada con estímulos visuales que ya no están presentes.

Desde una perspectiva más derivada de estudio en el área de la neurociencia cognitiva, se han resumido las funciones de la MTV en dos: organizar y modificar activamente la información y, por otro lado, retener y mantener la información relevante a corto plazo (Schneider, 1999).

Así pues, la evolución del concepto de memoria visual ha partido de su concepción como un mero espacio de almacenamiento pasivo hasta las visiones más recientes que, ampliando el término al de MTV, lo definen como un espacio de almacenamiento y trabajo para el desarrollo de otras tareas cognitivas.

A su vez, la distinción de una memoria visual a corto plazo (MVCP) frente a una memoria visual a largo plazo (MVLP) es debida a los estudios de Phillips (1974) quien sugirió, a raíz de sus investigaciones, que al igual que para la memoria verbal existían almacenes separables a corto y largo plazo, en el caso de la información visual ocurría lo mismo. Apoyándose en esta idea, Humphreys y Bruce (1989), diferenciaron entre una MVCP, relacionada con aspectos más superficiales del objeto a recordar, y una MVLP para los detalles más específicos de dicho objeto (forma, posición, orientación, etc.).

Por su parte, Luck (2008) defiende que el sistema de MVCP se distingue por cuatro propiedades que le diferencian del sistema de MVLP. Primero, las representaciones de la MVCP son creadas rápidamente, mientras que las representaciones de la MVLP son creadas más lentamente, siendo más ricas en detalles y robustas. Segundo, las representaciones de la MVCP son mantenidas por medio de un mecanismo activo, en base al modelo de redes neuronales visto, mientras que las representaciones de la MVLP son mantenidas de forma más pasiva a través de modificaciones estructurales que conducen a cambios en la fuerza sináptica. Como consecuencia de esta diferencia, las representaciones de la MVCP terminan cuando el mantenimiento activo finaliza, mientras que las de la MVLP pueden persistir indefinidamente. Tercero, la MVCP parece tener una capacidad limitada, mientras que la MVLP no. Y finalmente, cada representación en la MVCP contiene una limitada cantidad de información, mientras que las representaciones de la MVLP pueden ser muy ricas, como ya se ha mencionado.

A nivel conceptual, las evoluciones terminológicas han provocado que en ocasiones se hable indistintamente de MVCP y de MTV, de forma que algunos autores usan el término de MVCP para referirse al almacén pasivo, mientras que otros emplean el concepto MTV para referirse a la manipulación activa de los ítems. Si bien, parece más adecuado considerar el concepto de MTV como un término más amplio que incluye procesos de almacenaje (Heyes, Zokaei, Van de Staaij, Bays y Husain, 2012).

Sin embargo, esta similitud terminológica puede llegar a provocar confusiones según la edad en la que los individuos son evaluados. Los motivos, según Astle y Scerif (2011), tienen que ver con el tipo de tarea empleada para dicha valoración. Mientras que para los adultos el tipo de tareas empleadas para medir la memoria visual se diferencia

claramente entre tareas de simple almacenamiento (MVCP) y tareas que requieren almacenamiento de unos datos mientras se realizan otras actividades cognitivas (MTV), en los niños no es tan fácil diferenciar las tareas que requieran un simple almacenamiento de las que requieren otro tipo de control cognitivo, porque hasta las tareas más sencillas de retención les requiere sustanciales recursos atencionales.

Además, señalan Astle y Scerif (2011) que esta diferenciación progresiva a lo largo del desarrollo, con un aumento gradual en la capacidad del dominio visuoespacial, está aún poco estudiada, pese a que parece claro que "...los incrementos de capacidad a lo largo del desarrollo no pueden ser explicados sólo en base a procesos atencionales" (p. 1440). Dicha afirmación tiene que ver con los modelos que alegan factores atencionales en relación a la capacidad de la memoria, esto es, la eficiencia con la que el sujeto filtra los estímulos relevantes frente a los irrelevantes (Bundensen, Habekost y Kyllingsvaek, 2005, 2011; Cowan, 2001; Cowan y Morey, 2006).

Para ahondar más en el tema de la capacidad y su evolución, además de en otras cuestiones, se analizarán a continuación algunos de los estudios más relevantes en relación al área de la MV. Aunque inicialmente se señalen algunos trabajos en referencia a la simple capacidad de almacenaje de la MV, el presente trabajo se suma a la visión aportada por diferentes autores a la hora de considerar la MV no sólo como mero espacio de almacenamiento sino como elemento esencial de vínculo entre la percepción visual y las funciones cognitivas superiores, facilitando el mantenimiento activo de información relacionada con estímulos visuales que ya no están presentes (Heyes et al., 2012; Luck y Vogel, 2013).

## **2.2.4. Estudios sobre la memoria visual**

### **2.2.4.1. Estudios centrados en la capacidad de la memoria visual**

Uno de los trabajos que se consideran referenciales en el estudio de la capacidad de la MV es el llevado a cabo por Luck y Vogel (1997) a través del paradigma de detección de cambios, ya mencionado. Los resultados hallados reflejaron que cuando al

sujeto evaluado se le presentaban conjuntos de estímulos de visuales hasta en una cantidad de 3, la ejecución era prácticamente perfecta. Sin embargo, a medida que el número de estímulos presentados aumentaba, la ejecución decaía, incluso a pesar de aumentar el tiempo de exposición de los mismos. Esto, según los autores, ponía de manifiesto la existencia de una limitación en la capacidad de la MV que no podía ser explicada por factores de percepción o codificación de los ítems.

En el ámbito de la infancia, también han sido diversos los estudios llevados a cabo para determinar la capacidad de la MV a edades tempranas. El número de ítems resultante ha oscilado en función de la edad, con un desarrollo gradual, de forma que a los 7/8 años el niño puede retener 3.5 ítems; a los 9/10 años, 4.4 ítems; a los 11/12 años, 4.8 ítems y en el caso de niños más mayores, 5.7 ítems (Cowan et al., 2005; Simmering, 2012).

Riggs, McTaggart, Simpson y Freeman (2006) ampliaron estos hallazgos evaluando a niños más pequeños y encontrando incrementos similares en la capacidad de MV a edades más tempranas: 1.52 ítems a los 5 años, 2.89 ítems a los 7 años y 3.83 ítems a los 10 años.

Tomados conjuntamente, todos estos estudios apuntan a una continuidad en la MV desde los 5 años hasta la vida adulta. Incluso se ha sugerido que existe un importante período para la maduración de este tipo de memoria en los niños en los primeros años, antes de alcanzar la edad de 10 años, acelerándose particularmente dicho desarrollo entre los 6 y los 8 años (Kobuko et al., 2012).

Varias han sido las hipótesis surgidas para intentar dar explicación al aumento de la capacidad de la MV a lo largo del desarrollo. Por un lado, están los modelos que se han centrado en el ámbito de la atención, atribuyendo el aumento de la capacidad a la mejora de los procesos atencionales (Cowan, 2001, Cowan y Morey, 2006).

Por su parte, Bundesen et al. (2005, 2011) han propuesto la “teoría neuronal de la atención visual y la memoria a corto plazo”, basada en las ideas anteriores de Hebb (1949) quien explicó el mantenimiento de la información en la memoria a corto plazo a través de la activación neuronal en un bucle de retroalimentación. Esta idea se ha visto actualmente reforzada gracias a los avances en el campo de la neurociencia, de tal forma que se asume que el mecanismo de retroalimentación depende de las interacciones entre

las áreas corticales prefrontales y posteriores, con la intervención clave a nivel talámico-cortical.

La teoría neuronal de la atención visual y la memoria a corto plazo asume que la MV está constituida por una interacción retroalimentada entre las neuronas sensoriales y el mapa de localizaciones de la memoria visual, que hace posible las representaciones visuales más allá del registro sensorial de los estímulos. El proceso de codificar la información en la MV empieza cada vez que el mapa es inicializado, lo que ocurre inmediatamente después de que los procesos atencionales se han activado para seleccionar la información más relevante. El proceso de selección, según los autores, funciona de una manera semejante a “el que gana se lo lleva todo”, de forma que la primera representación de objeto activada en el mapa de la MV bloquea la entrada de otras posteriores. Este mecanismo explicaría la limitada capacidad de almacenaje de la MV, donde sólo un número determinado de objetos pueden estar activos al mismo tiempo. Esta limitación sólo se refiere al número de objetos, pero no al número de rasgos asociados a cada objeto. Esto significa que una vez que un objeto se ha establecido en la MV, diferentes categorizaciones pueden ser adheridas al mismo, viendo aumentada su capacidad de esta forma.

Por otro lado, Hitch, Halliday, Schaafstal y Schraagen (1988) defienden que el incremento de dicha capacidad tiene que ver más con la recodificación verbal de la información visual en la memoria, habilidad que va aumentando con la edad. Los autores alegan que la superioridad de las imágenes en el recuerdo puede ser debida a su acceso más rápido a los códigos semánticos.

Este planteamiento tiene sus raíces en la teoría de la codificación dual de Paivio (1971, 1986), según la cuál la información puede ser almacenada tanto de forma verbal como visual, obteniendo una mejor retención en aquellos casos donde el almacenamiento se produce a través del uso conjunto de ambos tipos de códigos. Éste sería el caso de la retención de imágenes, ya que éstas se codifican tanto en el sistema verbal como en el visual, mejorándose el reconocimiento de las mismas tanto a corto como a largo plazo (Klimesch, 1982).

Los niños más pequeños codifican estímulos visuales inicialmente sólo de manera visual, pero a medida que crecen pasan a emplear también códigos verbales, lo

que permite aumentar su capacidad de memoria y explicar la superioridad de las imágenes frente a las palabras en el recuerdo. Bajo y Cañas, citados en Ruíz-Vargas (1991), denominan a este hecho como “Efecto de superioridad de los dibujos” en referencia a la gran capacidad para recordar dibujos presentados durante períodos de tiempo muy breves, frente a la presentación de material con carácter verbal.

Sin embargo, otros trabajos han planteado diversas hipótesis que tienen que ver más con aspectos del funcionamiento cerebral para explicar este aumento de la capacidad en la MV.

Buss, Fox, Boas y Spencer (2014) llevaron a cabo una revisión de los diferentes estudios realizados para explicar, desde un nivel neuropsicológico, estos cambios de capacidad en la MV durante el desarrollo. Así, se ha hablado de una activación frontoparietal que va haciéndose más fuerte a medida que el sujeto crece e incluso más localizada en algunos casos a lo largo del desarrollo. También se ha observado un incremento en la activación del área de Broca en función de la edad, que podría tener que ver con las estrategias de razonamiento verbal empleadas por los niños durante las tareas.

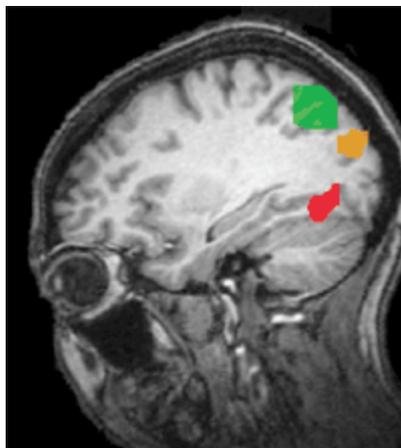
A nivel del hipocampo existe, igualmente, evidencia de que actividad neuronal en esta estructura cerebral predice la capacidad individual en la MV (von Allmen, Wurmitzer, Martin y Klaver, 2013), llegando incluso a hablar de una especialización en el mismo, dado que se ha observado que la relación directa existente entre su nivel de actividad nerviosa y la capacidad de MV está mediada por la variable edad. De esta forma, existe una estrecha relación a nivel posterior del hipocampo en los niños, mientras que en los adultos dicha relación es más fuerte a nivel anterior (von Allmen, Wurmitzer y Klaver, 2014).

Por su parte, Simmering (2012) ha adoptado un modelo computacional de desarrollo cognitivo espacial, “la Teoría del Campo Dinámico”, argumentando que la capacidad de MV está limitada por el balance entre la excitación e inhibición que mantienen múltiples representaciones nerviosas de forma simultánea en el modelo. El desarrollo ocurre de acuerdo a la hipótesis de la precisión espacial que propone que las conexiones excitatorias e inhibitorias se refuerzan durante la infancia temprana. Estos cambios en la conectividad resultan en un incremento de la precisión y estabilidad de las representaciones nerviosas durante el desarrollo (Simmering y Patterson, 2012).

Pese a que, en líneas generales, los resultados de las diferentes investigaciones confluyen en que el número máximo de estímulos visuales que pueden ser retenidos en la memoria visual se mueve entre 3 y 5, hay autores que defienden que las limitaciones en la capacidad de la MV no se deben únicamente a un número determinado de ítems, sino al aumento de la complejidad de los mismos, esto es, el número de características asociadas a cada objeto.

Uno de los estudios referenciados en esta área fue el llevado a cabo por Álvarez y Cavanagh (2004), concluyendo que la capacidad de la MV no sólo está limitada en función del número de objetos (cuatro o cinco) sino también en función de determinadas características de los objetos. Así, el mencionado límite de capacidad en torno a 4 ó 5 ítems sería únicamente aplicable en los casos de objetos simples, pero a medida que las características asociadas a un ítem van aumentando, haciéndole a éste más complejo, tal límite de capacidad va decreciendo. Los sujetos pueden recordar mayor número de objetos simples como, por ejemplo, cuadrados coloreados, que otros más complejos como, por ejemplo, ideogramas chinos o polígonos irregulares. De esta forma, a medida que aumenta la información que contiene un ítem, se van perdiendo más detalles, de forma que los ítems son almacenados con menor precisión.

Similar conclusión extrajeron Xu y Chun en su trabajo de 2006 donde, a través de varios experimentos, determinaron que la capacidad de la MV está relacionada tanto con el número de objetos como con la complejidad de los mismos. Además, a través de técnicas de IRM, sugirieron la existencia de dos mecanismos neuronales dissociables que mediaban la MV: el surco intraparietal (SIP), zona que divide a la corteza parietal posterior superior e inferior, y el complejo occipital lateral (COL).



**Figura 17: Visualización lateral, posterior y superior del SIP y el COL. En verde, el SIP Superior; en naranja, el SIP inferior; y en rojo, el COL. Imagen tomada de doi: 10.1038/nature04262.**

Estos mecanismos neuronales trabajan de forma paralela para apoyar a la MV durante las fases de codificación y de retención. Independientemente de la complejidad del objeto, las representaciones del SIP inferior están limitadas por un número fijo de objetos en diferentes localizaciones espaciales, mientras que las representaciones en el COL y el SIP superior no están limitadas por dicho número, sino por la complejidad del objeto y el número total de información visual codificada, indicando que estas áreas cerebrales participan en la representación detallada de los objetos visuales en la MV.

En esta misma línea, Luria, Sessa, Gotler, Jolicoeur y Dell'Acqua (2009) se propusieron medir la capacidad de la MV para estímulos simples y complejos empleando un indicador denominado SPCN (*sustained posterior contralateral negativity*) como marcador electrofisiológico de la carga en la MV durante el intervalo de retención en tareas de detección de cambios. Los resultados hallados permitieron a los autores concluir que la amplitud de la SPCN se incrementaba a medida que aumentaba la cantidad de información almacenada en la MV.

Además, estos hallazgos resultaron ser consistentes con la perspectiva aportada por Xu y Chun (2006), en la medida en que la amplitud de la SPCN fue sensible a la complejidad del estímulo, coincidiendo con el segundo mecanismo postulado por los autores, formado por el SIP superior y el COL.

Sin embargo, otros autores han defendido que en la MV se representa un número fijo de ítems independientemente de su complejidad. En el estudio de Awh, Barton y Vogel (2007) se puso de manifiesto que las diferencias halladas en cuanto a capacidad de retención de estímulos visuales más simples frente a más complejos no eran tanto debidas a dicha complejidad, entendida como el incremento de rasgos asociados al ítem, si no al mayor número posible de errores por comparación por efecto de similitud. Esto es, la discriminabilidad entre los ítems de la muestra y los ítems de la evaluación afectaría a la precisión más que la simple complejidad de los elementos. De esta forma, no es lo mismo comparar, por ejemplo, un cubo que posteriormente es reemplazado por un ideograma chino que por otro cubo diferente.

Concluyeron, así pues, que cuando el proceso de comparación implica objetos fácilmente diferenciables, la capacidad de la MV está limitada sólo por el número de

ítems que pueden ser retenidos de forma simultánea, pero cuando el ítem inicial y el posterior son muy similares, el resultado también se halla limitado por el proceso de comparación.

#### **2.2.4.2. Estudios centrados en la precisión de la memoria visual**

Ya diversos estudios, como se ha visto, habían puesto de manifiesto la limitada, pero gradual capacidad de la MV durante el desarrollo. La cuestión que se plantea a continuación es el estudio de la resolución con que permanecen los ítems en la misma.

Para llevar a cabo este estudio se han empleado una serie de tareas en las que los participantes normalmente observan un conjunto de ítems, bien de forma simultánea o bien de forma secuencial, y después de una breve pausa se les pide reproduzcan un rasgo determinado de uno de los ítems.

A través de estas tareas, se ha podido observar que la precisión de la MV muestra una fuerte dependencia del número total de ítems presentados, de manera que a medida que se incrementa la carga de memoria, cada rasgo es almacenado con menor precisión (Álvarez y Cavanagh, 2004).

Heyes et al. (2012) quisieron ir más allá y observar qué pasaba con la precisión con la que los ítems eran recordados en el caso de los niños. Para ello, llevaron a cabo un estudio, con 87 participantes de entre 7.9 y 13.6 años, cuyos resultados mostraron que la precisión de recuerdo desde la MV aumenta con la edad. Esta progresiva mejora en la precisión, tanto a nivel de codificación, como de almacenamiento o recuperación, fue observada tanto para ítems presentados individualmente como en secuencias de tres.

Los resultados demostraron, además, una correlación positiva entre la precisión de la MV y el CI, cuestión que será abordada más detenidamente en una sección posterior del presente trabajo.

El proceso de emparejamiento entre rasgos y objetos asociados ha sido explicado en base a procesos atencionales bajo el término de *binding* y definido como la “reorganización de bits de información previamente distribuidas en la creación de una

representación más compleja y unificada” (Wheeler y Treisman, 2002, p. 60). El concepto recuerda mucho a la idea de *chunking* definida por Miller (1956), donde la información se agrupa en *chunks*, de forma que la capacidad de la memoria está limitada a un número determinado de *chunks*, no de ítems, en la memoria a corto plazo.

En opinión de Wheeler y Treisman (2002), existe además evidencia convergente a estas conclusiones a nivel neurocientífico, apoyándose en la “hipótesis de la sincronía neuronal” propuesta por Singer et al. (1997). En base a esta hipótesis, el efecto del emparejamiento de rasgos es mantenido gracias a activaciones sincronizadas de las neuronas que codifican los diferentes rasgos de un objeto determinado. Por ejemplo, si los objetos son una línea vertical roja y una línea horizontal verde, las células que representan la verticalidad y las células que representan el color rojo se dispararán de forma sincronizada, mientras que las células que representan la horizontalidad y el color verde se activarán en otra frecuencia.

Para mantener activo el nexo de unión entre un objeto y sus rasgos en la MV es necesaria la activación de la atención dado que una vez que la atención se retira del objeto, la representación del mismo en la memoria decae (Wheeler y Treisman, 2002).

En la posición contraria, otros estudios (Luck y Vogel, 1997; Delvenne, Cleeremans y Laloyaux, 2010) defienden que no son necesarias fuentes adicionales de atención para emparejar los rasgos a los objetos porque esto ocurre de forma automática, de manera que la capacidad de memoria para objetos definidos por un único rasgo (por ej. color u orientación) es similar a la capacidad de memoria para objetos definidos por múltiples rasgos (por ej. tamaño, orientación y color).

En esta misma línea, Allen, Baddeley y Hitch (2006) encontraron resultados similares cuando llevaron a cabo el estudio experimental de la implicación atencional en el agrupamiento de rasgos visuales, examinando el agrupamiento de características superficiales de los objetos, y encontrando que el emparejamiento de rasgos tales como forma y color en representaciones integradas del objeto dentro de la MV ocurre automáticamente, sin necesidad particular de recursos atencionales.

Una tercera posición intermedia, en relación al tema de la implicación atencional en el fenómeno del *binding*, es la presentada por Baddeley, Allen y Hitch (2011) quienes defienden que el proceso inicial de emparejamiento de los rasgos es automático,

pero la consecuente permanencia de los rasgos asociados al objeto necesita de procesos atencionales para evitar la disrupción de otros estímulos en competencia, esto es, posibles interferencias.

Para hablar más detenidamente sobre esto, el siguiente apartado se centra en los efectos de interferencia en la MV.

#### **2.2.4.3. Los efectos de la similitud y la interferencia en la memoria visual**

Wolford y Hollingsworth (1974) llevaron a cabo una de las primeras observaciones experimentales sobre el efecto de la similitud visual, cuando al presentarle al sujeto, a través del taquitoscopio, una serie de letras para su posterior recuerdo, observaron que cometía numerosas confusiones visuales.

Posteriormente, Hitch et al. (1988) ampliaron el estudio de dicho efecto, entendiéndolo al mismo como un reflejo del olvido de las propiedades visuales almacenadas, ya fuera tamaño, forma u orientación, apoyados en el marco teórico de Baddeley y Hitch (1974).

En el primero de los estudios llevados a cabo para tal fin, evaluaron la MV de un grupo de 18 niños, con una edad media de 10,6 años, y otro grupo de 36 niños, con una edad media de 5,6 años, en tres conjuntos de dibujos de objetos familiares: uno de objetos visualmente similares, otro de objetos con nombres largos y un último conjunto de objetos de control. Los resultados mostraron que los niños más mayores encontraron más difícil de recordar los dibujos con los nombres largos que los nombres cortos, pero fueron insensibles a la similitud visual de los ítems. En cambio, los niños de 5 años estuvieron afectados por la similitud visual de los dibujos, pero mostraron un reducido efecto por la longitud del nombre.

Se concluyó, por lo tanto, que los niños pequeños utilizan la MV para almacenar materiales visuales, guardando características de los objetos tales como su forma, orientación y detalles en su apariencia, sin atender a códigos semánticos. Sin embargo, los niños más mayores mostraron una marcada sensibilidad a la longitud de los nombres de los dibujos, coincidente con hallazgos previos (Hitch y Halliday, 1983), y sugiriendo que activamente emplean recursos de memorización de los nombres. Además, la

ausencia del efecto de similitud visual en los niños más mayores sugiere que la tendencia a utilizar la MV puede llegar a ser menor a medida que se sucede el desarrollo.

En posteriores estudios, los autores pusieron de manifiesto, además, que la memorización subvocal de los nombres de los dibujos, estrategia que empleaban los niños más mayores, implicaba una organización predominantemente temporal-secuencial frente a la organización predominantemente espacial de la MV, estrategia más empleada por los más pequeños. Esto tenía mucho que ver con el efecto de las interferencias en el recuerdo, dado que en el grupo de los más pequeños, las interferencias de carácter visual produjeron un efecto significativo en el recuerdo, mientras que las interferencias auditivo-verbales apenas tuvieron efecto; al contrario de lo que pasó en el grupo de los más mayores.

Como conclusión general a todos estos experimentos llevados a cabo, Hitch et al. (1988) determinaron que los efectos de similitud visual e interferencia visual, entre otros, ofrecían soporte consistente a la hipótesis de que los niños pequeños emplean una memoria de componente visual para representar secuencias de dibujos en tareas de memoria inmediata, frente a los niños más mayores, quienes ante el mismo tipo de tareas, responden en mayor medida con el uso del componente del lazo articulatorio en la memoria para almacenar etiquetas verbales para los dibujos.

Según los autores, esto es debido a que los niños pequeños confían en los códigos visuales porque sus códigos verbales (nombres de los objetos) y el uso de la subvocalización no están lo suficientemente desarrollados. Los niños mayores tienden a utilizar ambos códigos, pero preferentemente los verbales, a menos que se prevenga con tareas de supresión articulatoria. Este tipo de tareas consisten en provocar una situación de tarea dual, repitiendo en voz alta material verbal irrelevante mientras la persona realiza una tarea de memoria. La finalidad es la de interferir el bucle fonológico, impidiendo el repaso subvocal y previniendo la codificación fonológica cuando los estímulos se presentan visualmente (Baddeley, 1996).

Existen diversas posturas respecto a cómo se produce la interferencia de tipo verbal en la MV haciendo referencia a la implicación de un mismo recurso compartido

entre el material de diferente dominio: quienes, por un lado, lo han entendido como un proceso dependiente del ejecutivo central (Jolicoeur y Dell'Acqua, 1999), puesto que la supresión articulatoria no sólo ocupa parte del sistema de repaso del bucle fonológico sino también recursos cognitivos del ejecutivo central (Logie, 1995); quienes, por otra parte, lo asumen como la entrada al foco de atención definido por Cowan (2001) o, finalmente, quienes lo explican por la transferencia desde el búfer episódico (Baddeley, 2000).

Para intentar dar respuesta a esta cuestión, Alloway, Gathercole y Pickering (2006) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de investigar en detalle la estructura de la memoria de trabajo en niños y observar si dicha estructura se mantiene consistente a lo largo de la infancia o si está sujeta a cambios en función del crecimiento. Tomaron una muestra de 709 niños, entre 4.5 y 11.5 años, no encontrando diferencias en función del sexo, pero sí en función de la edad.

Los datos revelaron que la unión entre el constructo específico visuoespacial y el constructo de procesamiento general fue mayor en el rango de 4 a 6 años en comparación al resto de edades, confirmando que los niños más jóvenes se asientan más sobre recursos ejecutivos (o atención controlada) que niños más mayores cuando realizan tareas de memoria visuoespacial a corto plazo.

Esto está en línea con la visión de que los niños más jóvenes confían inicialmente más en códigos visuales, pero a medida que van creciendo usan diversas estrategias, tales como ensayos, para recodificar material visual empleando etiquetas verbales.

Durante los primeros años de la infancia (5-8 años), el bucle fonológico y la agenda visuoespacial funcionan de manera independiente, pero ambas están asociadas al ejecutivo central (Baddeley, 2000) (ver figura 13). Los niños más pequeños tienden a codificar la información en la misma modalidad en que se les presenta, esto es, la información expuesta visualmente, será codificada visualmente. Además, en este período los niños sólo pueden hacer uso de uno de los elementos que componen el bucle fonológico: el almacén fonológico, en el que se guarda la información basada en el lenguaje; ya que el segundo elemento apoyado en el habla interna, que sirve para refrescar las representaciones almacenadas en el depósito fonológico para impedir que declinen, no ha sido completamente consolidado (Pickering, 2001).

No obstante, después de los 8 años los niños logran emplear un enfoque fonológico más integrado (Kemps, De Rammelaere y Desmet, 2000), debido, por una parte, al hecho del proceso de adquisición de la alfabetización que permite traducir información de un elemento visual a una forma fonológica en una tarea de memoria (Hitch et al. 1988) y, por otro lado, al hecho de que las redes neurológicas que sirven para integrar los procesos complejos asociados a la memoria de trabajo han alcanzado una mayor madurez (Pickering, 2001), de forma que los niños aprovechan mejor los recursos estratégicos del ejecutivo central para aumentar la capacidad de almacenamiento limitada en el bucle fonológico y la agenda viso-espacial (Brocki y Bohlin, 2004).

Así pues, parece que el periodo de edad comprendido entre los 5 y los 8 años es una etapa clave para la medida de la MV en sus aspectos más puros, sin interferencias de tipo verbal.

#### **2.2.4.4. La memoria visual y el género**

En paralelo al estudio de la MV en función de la edad, también se han llevado a cabo trabajos para el análisis de la misma en función del género.

El estudio de las diferencias en habilidades cognitivas según el género ha generado, como ya se ha comentado, una opinión generalizada de consenso en la comunidad científica que respalda la diferenciación de ventaja entre las mujeres en habilidades verbales frente a la de los hombres en habilidades visuoespaciales (Johnson y Bouchard, 2007; Weiss, Kemmler, Deisenhammer, Fleischhacker y Delazer, 2003).

Esto podría tener su explicación también en el hecho de que las capacidades lingüísticas u espaciales son más asimétricas en el hombre, dependiendo el lenguaje del hemisferio izquierdo y el reconocimiento espacial del derecho, mientras que en las mujeres ambas capacidades están distribuidas más simétricamente en ambos hemisferios. La desventaja femenina en el rendimiento visuoespacial es fruto de la competencia entre las funciones verbales y visuoespaciales en el hemisferio derecho,

mientras que los hombres no se verían afectados por la interferencia las funciones verbales más lateralizadas (Gil-Verona et al., 2003; Thilers, MacDonald y Herlitz, 2007).

Otras de las hipótesis explicativas manejadas tienen que ver con la influencia de los factores hormonales en las diferencias de género encontradas en el rendimiento cognitivo, postulándose un papel central a los andrógenos en el desarrollo de las habilidades visoespaciales (Miller y Halpern, 2014; Torres et al., 2006).

Respecto a la memoria, Otero, Rodríguez y Andrade (2009) observaron cómo los ciclos hormonales naturales influyen en el rendimiento en memoria verbal y visual, encontrando que en mujeres con niveles hormonales bajos (fase menstrual) su rendimiento antes tareas de memoria visuoconstructiva mejora hasta llegar a superar el masculino, mientras que en los varones la ejecución mejora ante niveles altos de testosterona.

Similares resultados encontró en su estudio Little (2013) cuando llevó a cabo la revisión de los principales estudios en relación a la influencia de las hormonas sexuales sobre el procesamiento de estímulos visuales, encontrando que a la edad de 8 años no existían diferencias entre niños y niñas ante tareas de tipo visoespacial. Esto puede ser debido al hecho de que a esa edad la activación hormonal es más elevada al encontrarse los sujetos en la fase de activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y de posterior reactivación del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal.

Otros autores, como Halpern y Collaer (2005) sugieren que estas diferencias en base al género no pueden ser reducidas a un único factor explicativo, apostando más por la combinación de diversos factores, entre ellos: diferencias en la organización neuronal, exposición a hormonas sexuales, diferentes experiencias de aprendizaje y estereotipos sociales.

Incluso dentro de tareas que miden la MV, se ha observado que los resultados en éstas pudieran estar influenciados por el tipo de estímulos empleados, observándose una ventaja masculina en el caso de estímulos “masculinos”, pero no frente a estímulos “femeninos” en función de su asociación con el género. En el caso de estímulos “neutros”, como por ejemplo los dibujos del Test de la figura compleja de Rey (Rey,

2003), no se observaron diferencias significativas entre ambos géneros (Ferguson, Cruz y Rueda, 2007).

Se ha sugerido además que estas diferencias de rendimiento en tareas verbales frente a espaciales, según el género, se hacen particularmente evidentes antes de los ocho años, pero después de esta edad las diferencias en pruebas verbales tienden a disminuir (Rosselli, Matute y Ardila, 2010). Para otros autores, sin embargo, la disminución de tales diferencias se hace algo más tardía en el desarrollo, alrededor de los 10 años (Gil-Verona et al., 2003).

Sin embargo, los hallazgos de diferencias cognitivas entre los sexos han sido controvertidos y no siempre evidentes, observándose que depende, entre otros factores, del tipo en concreto de tarea empleada (Miller y Halpern, 2014). Mientras que en algunos trabajos se ha postulado mejores resultados en varones frente a tareas de MV (Lowe, Mayfield y Reynolds, 2003; Torres et al., 2006); en otras ocasiones se ha observado una mejor ejecución de las niñas en tareas de MV y rapidez perceptual (Gil-Verona et al., 2003; Harshman, Hampson y Berenbaum, 1983).

Harness, Jacot, Scherf, White y Warnic (2008) observaron, igualmente, que las mujeres eran capaces de reproducir más cantidad de estímulos visuales que los hombres en tareas de MV con dibujos. Sin embargo, opinan los autores, deberían realizarse más estudios que valoren este aspecto con más detalle, pues los resultados son inconsistentes con los obtenidos en algunos informes previos (Kail y Siegel, 1978).

Hernández et al. (2012) señalaron que las mujeres, en su estudio de niños y niñas de 9 y 10 años, también obtenían mayores puntuaciones en tareas centradas en la medición de la agenda visuoespacial de la memoria de trabajo, destacando igualmente la necesidad de ampliar estudios en esta línea dado la inconsistencia de resultados hallados en los pocos trabajos existentes.

Una posible explicación a la existencia de estas diferencias antes tareas visuales a edades tempranas podría ser debido a una mayor madurez cerebral en el caso de las niñas entre los 6 y los 10 años (Douglas y Riding, 1994; Vuontela et al., 2003), lo cual podría estar relacionado con el hecho ya visto de que las niñas mostraron proporciones más altas de mielina que los varones en ciertas regiones cerebrales a partir de los 6 años,

como en el hipocampo, estructura muy relacionada con la memoria visual (Benes et al., 1994).

En el caso específico de tareas que miden la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, tales como las empleadas en el Test de la Figura Compleja de Rey o en el Test de Retención Visual de Benton, las diferencias de rendimiento en base al género han sido también controvertidas, encontrando aún recientemente estudios que defienden la no existencia de distinciones (Benton, 1986; Ferguson et al., 2007), mientras otros han arrojado resultados diferenciados (Thompson y Gander, 2011), destacando los resultados del trabajo de Vlachos, Andreou y Andreou (2003) donde sólo se encontraron diferencias a favor del género femenino en la aplicación del Test de la Figura Compleja de Rey en la condición de memoria, pero no de la copia. Los autores justificaron estas discrepancias alegando que “las mujeres rinden mejor en tareas que requieren un acceso rápido y recuperación de la información almacenada en la memoria” (p. 344).

Todos estos resultados controvertidos, de acuerdo a la opinión de diversos autores, hacen necesaria la ampliación de estudios profundizando en estas cuestiones, por lo que en el presente trabajo se constituirá uno de los objetivos a alcanzar la observación de asociaciones diferenciadas entre tareas de memoria visual y habilidades visuoespaciales y nivel de inteligencia en varones y en mujeres.

### **2.2.5. Conclusiones**

El concepto de Memoria Visual, al igual que el término de inteligencia, ha ido evolucionando y concretándose en aspectos más diferenciales a lo largo de los años. Desde las primeras definiciones del término, que lo definían como mero espacio de almacenamiento, se ha llegado a un consenso generalizado, en base al modelo de memoria operativa (Baddeley y Hitch, 1974), de ser considerado como un espacio de trabajo, en el que la información es mantenida con un propósito posterior.

Esta evolución conceptual ha ido acompañada de descubrimientos a nivel neurocientífico que sitúan el emplazamiento de dicha memoria a través de conexiones

cerebrales desde el córtex visual, en lóbulo occipital, pasando por zonas temporo-parietales y corteza prefrontal (ver figura 12).

El estudio de estos correlatos neurológicos, en conjunción a estudios diferenciales en función de la edad, ha permitido concluir que existe un importante período para la maduración de este tipo de memoria en los niños en los primeros años, antes de alcanzar la edad de 10 años, acelerándose particularmente dicho desarrollo entre los 6 y los 8 años (Kobuko et al., 2012).

Esto puede tener su explicación en el hecho de que antes de los 8 años, los niños emplean una memoria de componente visual para almacenar información de tipo visual, porque sus códigos verbales (nombres de los objetos) y el uso de la subvocalización no están lo suficientemente desarrollados. Frente a esto, los niños más mayores, ante el mismo tipo de tareas, responden en mayor medida con el uso del componente del lazo articulatorio en la memoria para almacenar etiquetas verbales para los estímulos visuales, de forma que aprovechan mejor los recursos estratégicos del ejecutivo central para aumentar la capacidad de almacenamiento limitada en el bucle fonológico y la agenda viso-espacial (Brocki y Bohlin, 2004).

Esta estrategia de recodificación verbal de la información visual en la memoria, habilidad que va aumentando con la edad, permitiría explicar el aumento de capacidad en la memoria visual. Igualmente, se ha visto que la mejora de la habilidad memorística guarda relación con procesos de maduración biológica, a nivel del lóbulo temporal y frontal, coincidentes con estos períodos de edad (Sowell, Delis, Stiles y Jernigan, 2001).

Al igual que en relación a la edad, se ha estudiado la memoria visual en función del género. Sin embargo los estudios desarrollados en esta área no son muy abundantes y sus resultados no siempre han sido clarificadores. Pese a que parecía una idea generalizada consensuada acerca del predominio del género masculino frente a tareas visuoespaciales, algunos estudios han reflejado mejores resultados en mujeres frente a tareas de memoria visual (Douglas y Riding, 1994; Gil-Verona et al., 2003; Harness et al., 2008; Harshman et al., 1983; Hernández-Balderas et al., 2012; Vlachos et al., 2003). Algunas explicaciones a esta diferenciación de resultados se han basado en el tipo de evaluación llevado a cabo, el tipo de tareas empleadas o incluso en función de factores hormonales, sociales, etc.

En el caso de las niñas, esta diferencia de resultados podría ser debida a un mayor grado de madurez cerebral a edades tempranas, entre los 6 y los 10 años (Douglas y Riding, 1994; Vuontela et al., 2003), idea que puede relacionarse con el hecho de que se ha observado que a partir de los 6 años las niñas presentan proporciones más altas de mielina en determinadas estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual como es el caso del hipocampo (Benes et al., 1994).

Sea cuál sea la causa, lo que sí parece claro es la necesidad de llevar a cabo mayor número de estudios en esta línea para aclarar el peso de los diversos factores que intervienen en el área de la memoria visual, dado que el género, además de la edad, parecen jugar un papel clave.



## **CAPÍTULO III: ESTUDIANDO LA MEMORIA VISUAL JUNTO A LAS HABILIDADES VISUOCONSTRUCTIVAS**

### **3.1. Definición de Habilidades Visuoconstructivas**

Las habilidades visuoconstructivas se definen como el conjunto de habilidades perceptivo-motoras, de carácter complejo, que implican la integración de diversas capacidades cognitivas: desde la percepción visual del estímulo, pasando por la planificación de la tarea, el dominio de las coordenadas y las relaciones espaciales, y terminando con el control del sistema motor.

Dichas habilidades suponen la integración de las regiones frontal, parietal y occipital del cerebro, dado que la integración entre los estímulos visuales (región occipital) y la motricidad (lóbulo frontal) se realiza en los lóbulos parietales (Strub y Black, 1993).

Esto recuerda mucho con lo visto hasta ahora en relación a la teoría de la inteligencia de integración parieto-frontal (Jung y Haier, 2007), junto a los hallazgos neurológicos de la memoria visual (Darling et al., 2007).

Las habilidades visuoconstructivas pueden ser evaluadas mediante tareas de diferente nivel de dificultad que abarcan desde la copia de dibujos a tareas de construcción con bloques o ensamblaje de piezas. En cualquier caso, según Benton (1990), la realización de una tarea constructiva presupone una agudeza visual normal, la capacidad de una adecuada percepción de los elementos y la relación espacial entre ellos, y una buena capacidad motora.

Kleist, en 1923, introdujo el término “apraxia constructiva” para referirse a la alteración de las actividades constructivas, encontrándose un defecto específico en la transmisión de la información proveniente de la percepción visual a la acción adecuada, sin deterioro inicial ni del sistema perceptivo visual ni del motor independientemente. Sin embargo, estas observaciones sobre las alteraciones visuoconstructivas ya habían sido objeto de interés por parte de neurólogos y psicólogos de finales del s. XIX (Benton, 1990).

En base al concepto de apraxia constructiva, se define la opuesta “praxia constructiva” como

La capacidad de planificar y ejecutar los actos motores que permiten realizar un conjunto (una entidad aislada, un objeto) mediante la articulación y el ensamblaje de elementos de distinta naturaleza. La praxis constructiva implica una actividad organizativa sobre una base perceptiva precisa (Benton, 1990).

Así pues, la praxia constructiva hace referencia a la capacidad para dibujar o realizar construcciones bidimensionales o tridimensionales. Copiar dibujos, reproducir dibujos con cerillas o palillos o hacer construcciones con cubos son ejemplos del tipo de tarea empleada para evaluar las funciones visuoconstructivas. Cualquiera de estas tareas implica más que la mera organización de las habilidades motoras de las manos, ya que es necesaria una adecuada percepción visual, la integración de la percepción en imágenes cinestésicas y trasladar a éstas a un patrón motor final.

Sin embargo, la probabilidad de que las alteraciones del dibujo y el ensamble se den a la vez es variable, puesto que se han observado casos de sujetos que fallan en tareas grafomotoras pero no en tareas de cubos o viceversa (Grossi y Trojano, 1999). Por ello, estos tipos de actividades deberían ser analizadas por separado. En este caso, dado el objetivo del presente trabajo, nos centraremos en el área del dibujo.

### **3.2. La función visuoconstructiva en el dibujo**

Las tareas de dibujo continúan siendo las pruebas más fáciles de administrar e interpretar, dada su sensibilidad para discriminar entre diferentes tipos de déficits, hasta el punto que se considera la capacidad cognitiva específica de dibujar el punto de

partida para identificar el proceso que subyace a la ejecución de la habilidad visuoesquemática (Grossi y Trojano, 1999).

La capacidad para dibujar es una función practognósica compleja, que se adquiere en la infancia y en la que influyen la percepción visual, la integración de las diferentes informaciones visuales (integración visomotriz), la aptitud práctica y la ejecución motriz fina (Pascual-Pascual, 2001a, p.812).

La adquisición de las habilidades para el dibujo se desarrolla en el niño en una secuencia que evoluciona desde la representación de simples formas geométricas cerradas, pasando después al dibujo de formas abiertas (tres dimensiones), la representación de figuras humanas segmentadas y finalmente figuras humanas completas.

Siguiendo la clasificación de Lowenfeld (1939), citado en Cabezas (2007), básicamente se destaca la existencia de seis etapas en el desarrollo de la capacidad de dibujo en el niño: de los 2 a los 4 años el niño se encuentra en la etapa del garabato, entre los 4 y 7 años se halla en la etapa pre-esquemática, entre los 7 y 9 años está en la etapa esquemática, de los 9 a los 11 años se halla en la etapa del realismo, y finalmente entre los 11 y los 13 años, etapa pseudo-realística.

Respecto al dibujo de las figuras geométricas, existe un desfase entre la percepción visual de las mismas y la capacidad de dibujarlas, dado que, aunque a los 2 años el niño ya es capaz de reconocer cuadrados y rombos de forma adecuada, a la edad de 3 años el niño sólo es capaz de dibujar círculos, y no es hasta los 4 cuando puede dibujar cuadrados, a los 5 triángulos y a los 7 rombos (Broderick y Laszlo, 1987).

En el estudio llevado a cabo por Pascual-Pascual (2001a), para presentar los resultados de la aplicación de un test grafomotor a una muestra de 133 niños, de entre 5 y 11 años, se encontró que a la edad de 5-6 años habitualmente un niño es capaz de copiar bien algunos dibujos, como el rombo y la escalera, pero otros no, como la casa y el cubo, porque este tipo de dibujos requiere que el niño perciba la tercera dimensión en ellos y sea capaz de reproducirla sobre el papel, y esto tiene lugar más adelante, entre los 7 y 9 años. A la edad de 10 años ya se alcanza bastante perfección en la copia de diversos dibujos (rombo, escalera, cruz, flor, reloj, casa, cubo tridimensional y bicicleta)

y la diferencia entre las puntuaciones medias de los 10 y 11 años deja de ser significativa.

En cuanto a los errores más comunes que los niños cometen en sus dibujos a lo largo de su desarrollo evolutivo, Pemberton (1990) ya realizó un estudio acerca de los mismos, a través de la copia de figuras geométricas, encontrando que muchos de los errores de dibujo que los niños cometen de los 4 a los 10 años son “sistemáticos”. La autora definió como “sistemáticos” aquellos errores que incluían simplificaciones (omisión de partes del dibujo), esquematizaciones (realización del dibujo sobre esquemas previamente existentes) o rotaciones (alteraciones en la orientación del dibujo).

Igualmente, puso de manifiesto que muchos de estos errores tienden a desaparecer con la edad: “el 44% de las copias de los dibujos en los niños de 4 y 5 años incluían errores sistemáticos en comparación al 30% de las de los niños de 6 y 7 años y al 24% de las de los niños de 8 y 10 años” (Pemberton, 1990, p.401).

De forma similar, Strub y Black (1993) señalaron que son comunes en el desarrollo temprano, entre los 5 y 7 años, fallos en el dibujo debidos a distorsiones, pobre integración de las partes en un todo, perseveraciones y rotaciones. Estos errores tienden a disminuir con la edad, de forma que es esperable que los niños más mayores, a partir de los 10 años, realicen ejecuciones libres de errores.

Se ha visto que otra variable influyente en el rendimiento en tareas de praxis constructiva gráfica, aparte de la edad, es el nivel de escolaridad, encontrándose correlaciones positivas entre el nivel de educación y las habilidades del dibujo (Peña-Casanova, 1976).

Para Del Giudice et al. (2000) el desarrollo normal de las habilidades para el dibujo no sólo descansa en la progresiva adquisición de las habilidades motóricas, sino también en la maduración de la percepción visual y la capacidad representacional.

Según Miller, diversas competencias visuoespaciales posibilitan al niño desarrollar las habilidades del dibujo: la apreciación de líneas y ángulos, la apreciación del tamaño y el tamaño relativo, la representación de las relaciones

entre las partes dentro de un todo y la capacidad de planificación (Del Giudice et al., 2000, p.362).

Del Giudice et al. (2000) llevaron a cabo un estudio para comprobar si el desarrollo de una adecuada capacidad gráfica necesita del desarrollo concurrente de representaciones mentales visuoespaciales, en presencia de una función perceptiva madura para la edad cronológica del sujeto. Para ello, seleccionaron una muestra de 80 sujetos con edades comprendidas entre los 3 y 5 años, divididos en cuatro grupos con una diferencia de seis meses entre ellos. Los resultados hallados pusieron de manifiesto que las habilidades visuoespaciales y constructivas se desarrollan de forma rápida durante el crecimiento. Todas las puntuaciones mejoraron de forma significativa en cada grupo, teniendo en cuenta que sólo 6 meses de media diferenciaban a un grupo de otro.

Sin embargo, el patrón de adquisición de habilidades no fue homogéneo. Las habilidades visuoperceptivas y representacionales se desarrollan de forma continua hasta los años escolares, pero de diferente forma. Por un lado, las habilidades visuoperceptivas tienden a alcanzar una meseta antes de entrar en la escuela, pero mejoran hasta un nivel techo después de unos años de educación formal. Por otro lado, las habilidades representacionales comienzan a desarrollarse más tarde e incrementarse regularmente antes de los años escolares, pero no mejoran significativamente durante los primeros años escolares.

De esta forma, las habilidades de exploración visual han casi madurado cuando las capacidades visuoperceptivas empiezan a desarrollarse y las capacidades de representación gráficas son aún muy pobres, dado que las tareas de representación y gráficas son las más complejas y las que se desarrollan más tarde.

Así pues, el estudio permitió concluir que las habilidades constructivas necesitan tanto competencias perceptivas como representacionales para desarrollarse adecuadamente, de acuerdo a los modelos cognitivos de las habilidades para el dibujo que enfatizan el rol de las habilidades representacionales visuoespaciales en las competencias constructivas, así como la estrecha relación de dichas habilidades con el nivel intelectual del sujeto, tras añadir un quinto grupo a la muestra y obtener elevados índices de asociación entre el CI (evaluado a través de la batería Wechsler) y

la cantidad de respuestas correctas a la batería empleada para evaluar las habilidades visuoperceptivas, grafomotoras y representacionales.

### **3.2.1. Modelos cognitivos del dibujo**

El modelo de Roncato, Sartori, Masterson y Rumiati (1987) fue uno de los primeros en referencia a los procesos cognitivos implicados en la habilidad del dibujo, destacando la existencia de cuatro pasos: dos estadios preparatorios (exploración del modelo y preparación del plan de dibujo), ejecución y revisión. El primer estadio implica el procesamiento de representaciones internas del modelo que guían la copia. Esta representación contiene especificaciones de la forma global, las partes constituyentes del estímulo, sus detalles y sus relaciones espaciales. La preparación de un plan de dibujo implica decisiones concernientes a la escala y la posición de la reproducción.

El paso de la ejecución comienza con las decisiones acerca de la configuración inicial del dibujo y los procesos en concordancia con el plan de dibujo. El proceso de revisión de la ejecución compara la copia y el estímulo, permitiendo hacer el proceso de copia mientras realiza correcciones si son necesarias (Grossi y Trojano, 1999).

Posteriormente, surgió el modelo de Van Sommers (1989) siendo el primero en establecer una diferenciación entre dos sistemas jerárquicos implicados en el procesamiento cognitivo de la capacidad de dibujo: uno de percepción visual y otro de producción gráfica.

El sistema perceptivo incluye el procesamiento perceptivo del elemento a dibujar (propiedades de la superficie, volumen, distancia, orientación, etc.), mientras que el sistema de producción supone una serie de subetapas, donde destacan las decisiones de representación, planificación de los contingentes (selección y clasificación de las partes en que ha sido dividido el dibujo para poder reproducirlas en una secuencia apropiada), restricciones de articulación y economía (aspectos que tienen que ver con la posición de inicio, la dirección del movimiento, etc.) y finalmente la programación y ejecución de los movimientos.

Basándose en este modelo, Bouaziz y Magnan (2007) llevaron a cabo un estudio para observar la contribución de ambos sistemas en el dibujo de figuras geométricas complejas en niños de 4 a 8 años, corroborándose la hipótesis defendida por el autor del modelo al alegar que existe una disociación entre el sistema de exploración visual y el sistema de producción gráfica. Además, se puso de manifiesto que la manipulación de alguna de las propiedades del dibujo (por ejemplo, el grosor de una determinada línea) influye en el foco atencional del niño, alterando la estructura de la representación del estímulo y, por tanto, modificando el cumplimiento de algunas de las reglas básicas en el mismo.

Nos estamos refiriendo al “Principio de Ejecución Centrípeto”, una regla gráfica que gobierna la copia de dibujos complejos formados por formas geométricas simples integradas unas en otras. Según dicho principio, el dibujo de estas formas geométricas simples ocurre desde la periferia al centro, esto es, desde la figura más externa a la figura más interna. Los autores encontraron que este efecto ya estaba presente en los niños antes de los 7 años, alegando que la frecuencia del principio de ejecución centrípeto era menor en los niños más pequeños frente a los más mayores porque las habilidades de planificación se desarrollan con la edad.

Los niños más mayores tienden a rendir mejor que los niños más jóvenes tanto en tareas de dibujo a la copia como de memoria porque disponen de mejores estrategias organizacionales (Frisk, Jakobson, Knight y Robertson, 2005). Igualmente, se ha observado que mientras los niños de 4 y 5 años adoptan un enfoque más local para copiar las figuras (por ejemplo, focalizándose en los elementos del dibujo), los niños de 6 años ya son capaces de planificar la construcción de su dibujo a un nivel más global (Martens, Hurks y Jolles, 2014).

Esto está en línea con estudios previos que ya habían descrito una transición en la preferencia de procesamiento de la información visual desde un nivel más local a uno más global, semejante al de los adultos, alrededor de los 6 años, coincidente a nivel neurológico con una reducción a esta edad de la materia gris en las regiones visuoespaciales occipital y parietal derechas, que vienen a reflejar procesos de maduración anatómicos y funcionales (Poirel, Mellet, Houdé y Pineau, 2008; Poirel et al., 2011).

### 3.2.2. No es lo mismo dibujar a la copia que dibujar de memoria

Guérin et al. (1999) realizan un estudio crítico de los anteriores modelos y llevan a cabo el planteamiento de uno nuevo, no sin dejar de integrar aspectos de los ya mencionados y haciendo referencia explícita a los procesos implicados en los dibujos de memoria.

Numerosos componentes y procesos de las imágenes visuales están implicados en tareas de dibujo, pero no en todos los casos. Dos recorridos cognitivos diferentes se distinguen en función de la familiaridad del dibujo, que también depende de las habilidades premórbidas del dibujante. Por un lado, el recorrido que procesa dibujos familiares y rutinarios que va directamente de la memoria asociativa a la memoria procedimental. Por otro lado, el recorrido para dibujos no familiarizados que va desde la memoria asociativa al búfer visual e incluye dos sistemas de procesamiento paralelos: el primero, que permite la formación de la imagen total, va desde la memoria asociativa a la memoria visual, codificación de las coordenadas y relaciones espaciales y finalizando en el búfer visual; el segundo sistema, que permite la adición de partes a la imagen global, va a través de la memoria visual, la memoria asociativa y los subsistemas de comprobación de hipótesis de arriba abajo [...]

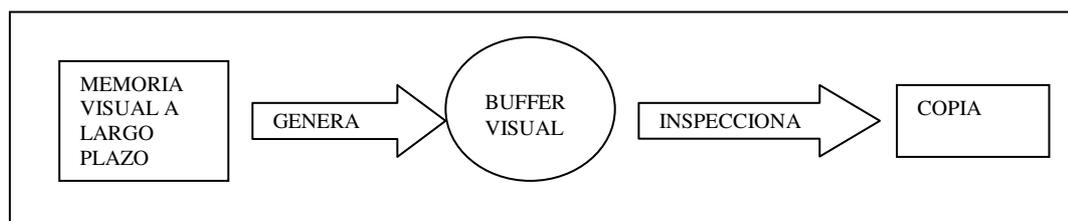
Cuando dibujamos de memoria, estos dos sistemas de procesamiento están activados por los procesos de generación que elicitán representaciones en las memorias asociativa y visual y consecuentemente envían *feedbacks* al búfer visual. Las tareas de copia y dibujo de memoria incluyen otros procesos que mantienen e inspeccionan la imagen visual en el búfer visual o en la memoria de trabajo. Estos procesos exploran y retienen la imagen el tiempo necesario mientras el dibujo está siendo producido (Guérin et al., 1999, p.472).

Igual ocurre, defienden los autores anteriores, en los procesos de planificación que subyacen a la tarea de dibujo. A diferencia de Van Sommers, que defendía la existencia de dos componentes en los procesos de planificación (planificación rutinaria y contingente, donde esta última ocurre cuando el dibujante es requerido que comience el dibujo de una forma inusual y entonces ha de llevar a cabo una selección y ordenación de las partes segmentadas para ser reproducidas en la secuencia adecuada),

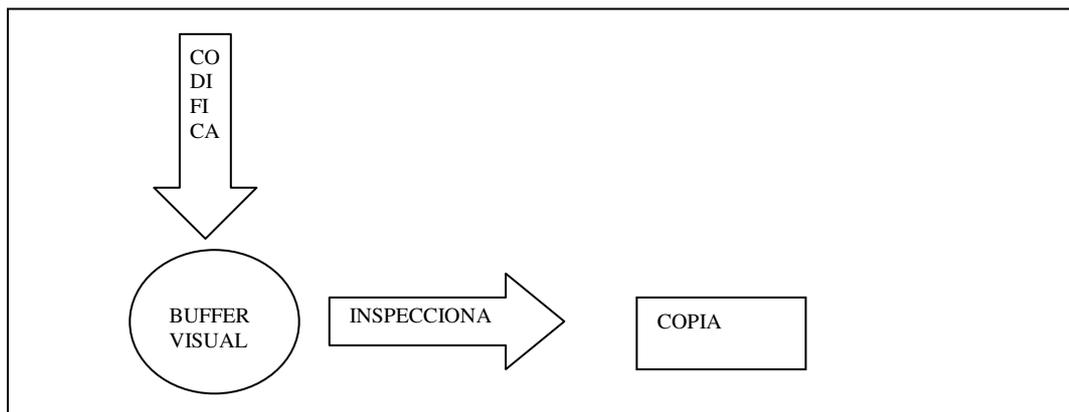
Guérin et al. (1999) mantienen que sólo existe la planificación contingente en el dibujo porque los dibujos más familiares no requieren de una planificación previa, por ejemplo el dibujo de un sol. En estos casos, los esquemas de producción para estos dibujos son conocidos y codificados en la memoria asociativa, siendo después producidos con las representaciones en la memoria procedimental.

Cuando en 1942 Rey desarrolló su test de la figura compleja, consistente en primero copiar una figura geométrica compleja y después reproducirla de memoria, ya distinguió alteraciones diferenciadas en el sujeto en función de sus resultados en la fase de copia o en la fase de reproducción de memoria. Así, en ausencia de dificultades a nivel motriz, si un mismo sujeto era capaz de ejecutar la copia sin problemas podría concluirse que sus procesos visuoperceptivos eran adecuados, con una buena estructuración de los datos visuoespaciales; pero si fallaba su actuación en la reproducción de memoria, entonces las dificultades podrían atribuirse a fallos en la memoria: “En este caso, puesto que no existe problema en la percepción y organización de los datos a fijar, la pobreza de reproducción manifiesta claramente la del recuerdo visual”... En el caso de rendimientos pobres en ambas pruebas “falla tanto el recuerdo como la percepción” (Rey, 2003, p. 15).

Interesada en el estudio de las imágenes visuales y el dibujo a la copia o de memoria, Farah (1984) había llevado a cabo observaciones de diversos casos sobre pacientes que, aunque eran capaces de copiar dibujos y reconocer visualmente objetos, eran incapaces de hacer dibujos de memoria, lo que explicaba un déficit en su proceso de generación. Según la autora, el dibujo desde la memoria requiere un proceso de generación que supone el trasladar la representación visual desde la memoria al búfer visual, a diferencia del dibujo en copia que sólo requiere trabajar con la información almacenada en el búfer visual.



**Figura 18: Análisis de la tarea para dibujar desde la memoria. Adaptado de Farah, 1984.**



**Figura 19: Análisis de la tarea para dibujar a la copia. Adaptado de Farah, 1984.**

Van Sommers (1989) también había aportado observaciones diferenciales entre la percepción de imágenes visuales y el dibujo de las mismas en base a la actuación de pacientes con daño cerebral. Hablaba así de un paciente, LB, que pese a no tener déficits en la percepción de imágenes visuales y era capaz de realizar dibujos a la copia, presentaba dificultades para hacer dibujos de memoria. Refirió también otro paciente, JW, que presentaba déficit en el área de las imágenes visuales, pero era capaz de dibujar letras cuando se le pedía, pero no era capaz de visualizarlas mentalmente. Y un tercer paciente, MG, un cazador con déficit a nivel de imágenes visuales también, pero capaz de dibujar un faisán de memoria.

Sin embargo, Guérin et al. (1999) mantenían que las observaciones de Van Sommers no eran muy concluyentes porque LB tenía que realizar dibujos complejos y poco familiares después de tan sólo unos pocos segundos de observación. Debido a que la imagen mental se deteriora rápidamente, resulta difícil concebir cómo uno podría reproducir un dibujo, especialmente uno complejo y poco familiar, desde la memoria a corto plazo. En cambio, se observó que su rendimiento mejoraba si se le indicaba una estrategia de producción.

Los autores manifiestan su acuerdo en el hecho de que algunos dibujantes pueden retener un dibujo preciso en la memoria incluso cuando existe déficit en el área de las imágenes visuales, confiando en la activación desde la memoria asociativa de operaciones motrices automatizadas. Es más, un paciente puede codificar la

información en la memoria asociativa para inferir las características visuales de los objetos y reproducirlos con la información en la memoria motórica. Esta hipótesis explicaría porqué JW podía escribir una letra sólo automáticamente y porqué el cazador MG podía dibujar un faisán de memoria. Una ruta desde la memoria asociativa hasta la memoria procedimental explicaría sus capacidades para dibujar algunos objetos, muy familiares y frecuentemente reproducidos, a pesar de sus déficits en las imágenes visuales.

Guérin et al. (1999), además, proponen algunas hipótesis respecto a los mecanismos que subyacen a las habilidades de dibujo. Por un lado, defienden que un proceso de mantenimiento, que se activa para retener imágenes de ítems previamente presentados, podría jugar un papel importante en la planificación de los dibujos porque este proceso se ha visto que está implicado en el razonamiento. Desde esta perspectiva, introducen en su modelo la agenda visuoespacial de la memoria de trabajo que es análoga al búfer visual del modelo de Baddeley y Hitch (1994) (ver figura 13).

Además, al igual que Kosslyn (1994), que sugiere que las imágenes visuales y la percepción visual comparten los mismos componentes, Guérin et al. (1999) proponen que las imágenes visuales en el dibujo comparten los mismos componentes que subyacen al análisis perceptivo durante la copia.

Creemos que, como el análisis visual en la copia (Kosslyn y Koenig, 1992), se requiere la forma espacial de una imagen mental cuando se dibuja de memoria. Por lo tanto, feedbacks desde la memoria visual irían a lo largo de la codificación de coordenadas y relaciones espaciales categoriales y los componentes de la cartografía espacial topológica para finalmente generar una configuración de la actividad en el búfer visual. Lo que es más, dibujar de memoria podría requerir imágenes multiparciales. Éstas se formarían por la atención localizada durante el tiempo de inspección o por la activación de las memorias visuales. En este último caso, las nuevas partes son añadidas a la imagen global a través de hipótesis de comprobación de arriba-abajo, que también se emplean en el proceso de copia. Durante el tiempo de inspección, estas hipótesis de comprobación dirigen el foco de atención a las diferentes partes de la imagen retenida en el búfer visual de cara a copiarla o dibujarla de memoria (Kosslyn, 1994; Guérin et al., 1999, p.472).

Senese, de Lucia y Conson (2015) analizaron los predictores cognitivos del acto de dibujar a la copia y dibujar de memoria en una muestra de 227 niños de entre 7 y 10 años, encontrando que aunque ambas acciones eran predichas por las mismas habilidades visuoespaciales (percepción visuoespacial, memoria de trabajo, habilidades ejecutivas y capacidad de representación mental), en el caso de dibujar de memoria la principal influencia estaba ejercida por la capacidad de representación mental, confirmando a nivel empírico las ideas aportadas desde anteriores modelos teóricos (Roncato et al., 1987).

A nivel práctico, la diferenciación entre la capacidad de dibujar a la copia y dibujar de memoria podemos verlo en el caso de los afectados por el Síndrome de Williams. Se trata éste de un trastorno del desarrollo caracterizado, entre otros rasgos, por un perfil neurocognitivo de retraso mental grave o moderado (CI entre 40 y 70) y marcados déficits visuoespaciales y visuoconstructivos, que pueden apreciarse en su capacidad para el dibujo (García-Nonell, Rigau-Ratera, Artigas-Pallarés, García-Sánchez y Estévez-González, 2003).

Georgopoulos, Geoirgopoulos, Kuz y Landau (2004), en un estudio de comparación entre sujetos afectados por el Síndrome de Williams y sujetos normales, en tareas de copia de dibujos, concluyeron que los déficits hallados en los primeros reflejaban en mayor medida alteraciones en el desarrollo de la función de copia más que un trastorno en sí mismo, al encontrar que las copias realizadas por los niños con síndrome de Williams eran muy similares a las realizadas por niños de menor edad cronológica y similar edad mental.

Otro ejemplo interesante en relación al tema que se aborda, es el caso de los niños que sufren de privación de oxígeno, presentando daños a nivel del hipocampo, dado que esta región cerebral tiene una elevada tasa metabólica y, por lo tanto, mayor dependencia del nivel de oxígeno. Como ya se ha visto con anterioridad, la estructura cerebral del hipocampo tiene una estrecha relación con la memoria visual (Orozco-Giménez et al., 2005; Sluming et al., 2005; von Allmen et al., 2013), observándose, a nivel empírico, que estos niños, por lo general, presentan una incapacidad para realizar de forma correcta un determinado dibujo desde la memoria, pero no para copiarlo

correctamente, lo que señala daños a nivel de memoria visual, pero no de percepción visual (Vargha-Khadem et al., 1997).

La importancia clave del hipocampo ante este tipo de tareas ha quedado también plasmada en los estudios llevados a cabo en población mayor de 60 años, observando un decremento significativo en rendimiento en tareas de memoria visual y habilidades visuoconstructivas que ha sido asociado a pérdida de sinapsis en el circuito del hipocampo y a la reducción en la actividad metabólica en la corteza entorrinal, interfaz principal entre el hipocampo y el neocórtex, por la cual el hipocampo mantiene interconexiones con las áreas de asociaciones multimodales neocorticales de los lóbulos temporales, frontales y parietales (Thompson y Gander, 2011).

### **3.3. Medición de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas**

#### **3.3.1. Test de Retención Visual de Benton**

El Test de Retención Visual de Benton (TRVB) fue diseñado por Arthur L. Benton (1945), profesor de Neurología y Psicología de la Universidad de Iowa, con el objeto de ser un instrumento clínico de investigación para la evaluación de la percepción visual, la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas del paciente.

El autor defendía en su obra *Introducción a la Neuropsicología* (1971), la idoneidad del uso de dibujos en la valoración de la MV del sujeto frente a otro tipo de materiales.

El método utilizado con mayor frecuencia para valorar la capacidad de la Memoria Visual es el de administrar al paciente tests de *Memoria de un dibujo* o de *Retención Visual*, en el que se le pide al sujeto que dibuje de memoria ciertos dibujos abstractos que se le han mostrado momentos previos.

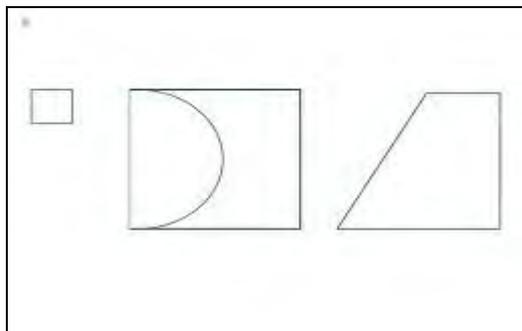
Además, a diferencia de otras actividades de reconocimiento visual, como el reconocimiento de rostros y la respuesta a la doble estimulación visual, el rendimiento en las pruebas de memoria visual tiene una relación bastante elevada con el nivel de inteligencia general, y disminuye con el paso de los años. Es por lo tanto esencial disponer de *stándars* adecuados de normalidad para las

distintas edades y los diferentes niveles de inteligencia, a fin de sentar sobre bases sólidas los criterios de interpretación de los resultados del paciente (Benton, 1971, p.90-91).

En la actualidad, el TRVB está internacionalmente clasificado como uno de los 10 tests más renombrados, considerándose como un excelente test de *screening* por lo práctico, sencillo y económico de su pasación (Steck, 2005).

La pasación de la prueba consiste en la presentación al sujeto de una serie de láminas, 10 en concreto, donde aparecen reflejadas unas figuras geométricas (distintas en función de la forma C, D o E que difieren en el grado de dificultad), que el sujeto debe copiar o memorizar para después reproducir, acorde al tipo de administración (A, B, C y D).

Los modos de administración (A, B, C y D) varían en función de si el sujeto debe copiar los dibujos cuando éstos aún permanecen delante de él (Administración C) o reproducir los dibujos de memoria cuando éstos ya han sido retirados con distintos tiempos de medida. Así, en la Administración A cada lámina permanece expuesta diez segundos y el sujeto debe reproducirla inmediatamente tras su retirada, en la Administración B el tiempo de exposición de la lámina es de cinco segundos antes de su reproducción inmediata de memoria, y en la Administración D las láminas se exponen durante diez segundos y el sujeto deber reproducirlas de memoria tras un intervalo de quince segundos desde su retirada.



**Figura 20:** Ejemplo de dibujo requerido en el Test de Benton correspondiente a la lámina IX de la Forma C. Imagen tomada de <http://es.slideshare.net/apinilloss03/test-retensin-visual-benton>

De fácil aplicación, el test puede ser aplicado tanto a niños como a adultos, teniendo valor específico en los casos en los que se sospechaba lesión o enfermedad cerebral. La aplicación del test permite, a partir de la comparación del nivel de respuesta obtenido en el paciente con un valor de respuesta esperado en función del CI conocido del paciente, “avisar” o “sugerir” de una posible dificultad específica en la MV o en la función visuomotora del paciente. Esta dificultad específica puede deberse a diferentes razones, entre otras y más importante, la patología cerebral.

Así, en la Administración A (memoria) y en la Administración C (copia) los sujetos emplean sus habilidades visuoconstructivas y visuoperceptivas. Sin embargo, en la administración C (copia) están funciones están separadas, permitiendo al examinador observar diferencias en la actuación en ambas aplicaciones. Daños en la memoria podrían reflejarse en un peor rendimiento en la Administración A (memoria), pero mejor en la Administración C (copia). Según los manuales de los tests neuropsicológicos, la ejecución en el TRVB requiere una buena función de memoria visual, habilidades visuoconstructivas y percepción visual, caracterizándose a la primera dentro de los modelos de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch, pudiéndose deducir que la Administración A mide más específicamente la agenda visuoespacial (ver figura 13) a través del input visual (Zanini et al., 2014).

Dado lo sencillo de la aplicación de la prueba y los hallazgos de estudios anteriores que ponían de manifiesto la relación de esta prueba con la inteligencia psicométrica en el caso del SBL-M (Guerra, 2002), se ha optado por la elección de la misma como herramienta de trabajo en el estudio empírico para observar la relación entre la memoria visual y habilidades visuoconstructivas e inteligencia psicométrica evaluada a través del SBL-M y las escalas Wechsler.

Igualmente, esta decisión está impulsada por el hecho de haberse observado con anterioridad asociaciones entre medidas neuropsicológicas de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas con el constructo teórico de MV del modelo CHC (McGrew y Flanagan, 1998; Hartmann et al., 2007; Pontón et al., 2000), deseando comprobar si también existe dicha asociación entre el TRVB y el WISC-IV, en cuya revisión, como ya se ha indicado, se empleó el modelo de Carroll (1993) de la estructura de las capacidades cognitivas para facilitar la selección de subtests y factores y dirigir

una interpretación de las puntuaciones obtenidas (Alfonso et al., 2005), y el SBL-M, por la fuerte correlación existente entre estas dos últimas pruebas (Benito et al., 2009).

### 3.3.2. Test de la figura compleja de Rey-Osterrieth

La Figura Compleja de Rey es una prueba propuesta por A. Rey en 1941, consistente en copiar y después reproducir de memoria un dibujo geométrico complejo (Figura A), con el fin de investigar la organización perceptiva y la MV del sujeto. Destinada a la evaluación de sujetos de 4 a 15 años y adultos con deficiencias cognitivas, permite la evaluación de la capacidad visuoperceptiva y visuomotora y la MV.

La observación de la forma en la que es sujeto copia la figura, permite conocer su nivel de estructuración de la actividad perceptiva; mientras que la reproducción de la misma, sin el modelo a la vista, informa sobre el grado y fidelidad de su MV.

Existe una segunda figura geométrica más simple (Figura B) destinada al examen de niños con edades comprendidas entre los 4 y 7 años. En palabras del autor, “[...] no se trata, sin embargo, de dos formas paralelas o equivalentes del mismo test, sino de tareas con la misma finalidad y significado, pero adaptadas a distintos momentos del desarrollo evolutivo” (Rey 2003, p.8).

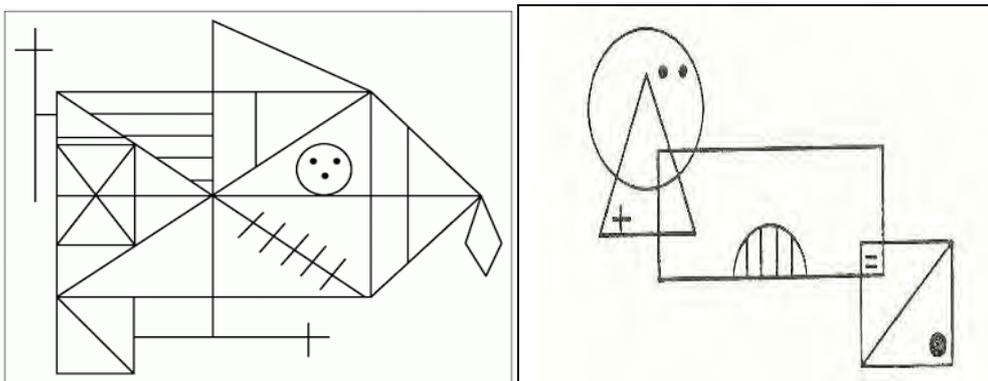


Figura A

Figura B

**Figura 21: Representaciones de las Figuras A y B empleadas en el Test de la Figura Compleja de Rey. Imagen de la Figura A tomada de <http://www.elrincondelamedicinainterna.com/2013/05/el-examen-de-la-funcion-cognitiva-en-la.html>. Imagen de la Figura B tomada de <http://www.slideshare.net/inclusivaacatlan/figura-completadereyynepsi?related=4>**

Pocos años después, Osterrieth (1944) diseñó un sistema de puntuación para estandarizar el procedimiento original de Rey y presentó datos normativos para el test. Para mayor información ver: Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.

### **3.3.3. Test de Aprendizaje Visual de Rey**

El Test de Aprendizaje Visual de Rey (Rey, 1964, citado en Spreen y Strauss, 1991) es un test de memoria visual compuesto de 15 tarjetas con dibujos geométricos (10 x 7 cm) que el sujeto debe observar, previo al dibujo posterior. Aunque muy semejante al procedimiento del test anterior, en esta ocasión el sujeto cuenta con hasta cinco “ensayos” previos a la tarea de repetir los diseños de memoria.

Aunque este test no es muy conocido en nuestro país, se ha decidido incluirlo en este apartado por lo relevante de algunos de los hallazgos encontrados en estudios realizados con esta prueba en relación a la inteligencia que serán expuestos en apartados posteriores del presente trabajo.

## **3.4. Conclusiones**

Las habilidades visuoespaciales, que de forma resumida se refieren a la capacidad de copiar figuras en dos o tres dimensiones, constituyen una de las funciones cognitivas más complejas ya que suponen la integración de las regiones frontal, parietal y occipital del cerebro (Strub y Black, 1993), lo cual recuerda mucho con lo visto hasta ahora en relación a la teoría de la inteligencia de integración parieto-frontal (Jung y Haier, 2007), junto a los hallazgos neurológicos de la memoria visual (Darling et al., 2007).

Esta habilidad de copia puede ser evaluada a través de tareas de construcción y/o dibujo, capacidad esta última que se adquiere en la infancia y se perfecciona en la medida que existe un desarrollo evolutivo, de forma que en los primeros años de vida existe un desfase entre la percepción visual de las formas a dibujar y la capacidad de dibujarlas. Así, aunque a los 2 años el niño ya es capaz de reconocer cuadrados y rombos de forma adecuada, a la edad de 3 años el niño sólo es capaz de dibujar círculos,

y no es hasta los 4 cuando puede dibujar cuadrados, a los 5 triángulos y a los 7 rombos (Broderick y Laszlo, 1987).

Este desigual patrón de adquisición de habilidades ha sido explicado tanto desde modelos teóricos (Del Giudice et al., 2000) como evidenciado a nivel de estudios empíricos (Bouaziz y Magnan, 2007), de forma que existe consenso al afirmar que las habilidades de exploración visual han casi madurado cuando las capacidades visuoperceptivas empiezan a desarrollarse y las capacidades de representación gráficas son aún muy pobres, dado que las tareas de representación y gráficas son las más complejas y las que se desarrollan más tarde.

Como ha ocurrido en el estudio de otras funciones cognitivas, se ha apreciado una etapa clave en el desarrollo de las mismas coincidentes con cambios específicos a nivel neurológico. Así, alrededor de los 6 años el niño ya empieza a ser capaz de planificar la construcción de su dibujo a un nivel más semejante al del adulto (Martens et al., 2014), logro que es coincidente a nivel neurológico con una reducción a esta edad de la materia gris en las regiones visuoespaciales occipital y parietal derechas, que vienen a reflejar procesos de maduración anatómicos y funcionales (Poirel et al., 2008; Poirel et al., 2011).

Por otra parte, no menos importante son también los estudios que han puesto de manifiesto que, ante una misma tarea de dibujo, los mecanismos cerebrales implicados no son los mismos cuando se realiza una tarea de dibujo a la copia frente al dibujo desde la memoria. Así, en base a las observaciones de Farah (1984), pudo concluirse que el dibujo desde la memoria supone una tarea cognitiva más compleja ya que éste requiere un proceso de generación que supone el trasladar la representación visual desde la memoria al búfer visual, a diferencia del dibujo en copia que sólo requiere trabajar con la información almacenada en el búfer visual, lo que ha generado que los tests que evalúan memoria visual y habilidades visuconstructivas, como son el test de retención visual Benton o el test de la figura compleja de Rey, diferencien en sus aplicaciones versiones para dibujo a la copia y versiones para dibujo de memoria.

En el presente trabajo, nos centraremos en la tarea más compleja del dibujo de memoria y su análisis en un grupo de sujetos de 5 a 8 años, considerándose como se ha visto esta etapa clave en el desarrollo de las habilidades visuoconstructivas y la memoria visual, a través de la aplicación del Test de Retención Visual de Benton, y su relación con el rendimiento en pruebas estandarizadas de inteligencia a partir de estudios previos que señalaban asociaciones entre medidas neuropsicológicas de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas con el constructo teórico de MV del modelo CHC (McGrew y Flanagan, 1998; Hartmann et al., 2007; Pontón et al., 2000). Como se recordará, la habilidad de MV aparece englobada dentro de la habilidad de Procesamiento Visual, habilidad del segundo estrato en este modelo de inteligencia, considerado base teórica fundamental en la revisión de los principales tests de inteligencia.



## **CAPITULO IV: LA MEMORIA VISUAL Y LAS HABILIDADES VISUOCONSTRUCTIVAS Y SU RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA**

### **4.1. Analizando la relación en sus componentes**

Bender (1938), citado en Koppitz (1986), ya había señalado que la copia de las imágenes reflejaba el nivel de maduración visuomotora, y que la percepción visuomotora estaba estrechamente relacionada en los niños pequeños con el lenguaje y otras funciones asociadas con la inteligencia: memoria, percepción visual, coordinación motora, conceptos temporales y espaciales, organización y representación.

En un estudio llevado a cabo con una muestra de 239 niños de entre 5 y 10 años se analizó el grado de relación entre esta Escala de Maduración y los CI evaluados a través de los tests de inteligencia Stanford-Binet y WISC (Wechsler, 1949). Los resultados hallados mostraron unas correlaciones significativas entre el nivel de errores en la prueba de maduración y el CI, en todas las edades, de entre  $-.48$  y  $-.79$ , esto es, a menor número de errores cometidos, mayor nivel de CI. La correlación más alta se dio en los niños de cinco años. A raíz de estos datos, se concluyó que “[...] el Bender puede servir para una estimación grosera de la inteligencia de los niños entre los cinco y diez años” (Koppitz, 1986, p.72).

Koppitz había defendido con anterioridad, en 1975, que los niños superdotados intelectualmente mostraban un desarrollo visomotor avanzado, que fue confirmado empíricamente en el trabajo desarrollado por Knoff y Sperling (1986), encontrando que la hipótesis de Koppitz se cumplía de manera destacada en niños con edades entre los 6

y 9 años, pero a partir de los 10 años este desarrollo avanzado parecía frenarse, equiparándose al nivel de desarrollo alcanzado por niños de inteligencia “media”.

La idea de que el desarrollo de la capacidad de dibujo del niño, en cuanto a la figura humana se refiere, mantenía nexos de unión con el desarrollo también progresivo de su inteligencia había sido sugerida previamente por Goodenough (1926a). Sus observaciones en este campo, sumadas a sus conocimientos adquiridos sobre el área de la inteligencia (había estado anteriormente trabajando junto a Lewis Terman en el desarrollo del test de inteligencia de Stanford-Binet), le llevó a publicar su obra “*The Measurement of Intelligence by Drawings*” (1926b).

Goodenough desarrolló su Test de la Figura Humana como test empleado para inferir el nivel cognitivo (inteligencia) de un niño en base a los detalles de su dibujo. El test fue posteriormente revisado y ampliado por Harris, por lo que actualmente se le conoce como el Test de Dibujo Goodenough-Harris (1963).

La validez del test se evidencia por la fuerte correlación que muestra con el Test de inteligencia de Stanford-Binet (.74), lo que llevó incluso a que Abell, Von Briesen y Watz (1996) defendieran la idea de que el dibujo de la figura humana puede ofrecer una alternativa plausible para aquellos niños que no pueden realizar test estandarizados de CI. Esta afirmación se basaba en los datos existentes acerca de la elevada correlación entre puntuaciones en el test de la figura humana de Goodenough con puntuaciones en el Stanford-Binet de entre .26 y .92 y en las escalas Wechsler de entre .38 y .77; relación que ha seguido observándose en estudios más recientes (Arden, Trzaskowski, Garfield y Plomin, 2014).

Pascual-Pascual (2001a, 2001b), en una comparación de resultados entre su test grafomotor (TGM) y el nivel de inteligencia general (evaluado a través de las Escalas Wechsler), encontró asociaciones significativas, que le permitieron concluir que a mayor nivel de inteligencia, menor número de errores; asociaciones que son aún más elevadas cuando se elimina la influencia de la variable edad en la maduración del dibujo.

Como ya se ha señalado, considera Pascual-Pascual que a partir de los 10 años la edad ya no es un factor que influye en la puntuación del TGM, pues a esta edad el niño ya copia perfectamente todos los dibujos. La variabilidad de las puntuaciones a partir de

edad será un reflejo, entonces, de la capacidad visuomotora del cerebro del niño. Las correlaciones halladas, puntuando el número de errores, fueron de entre  $-.60$  y  $-.72$  con el CIM, y de entre  $-.58$  y  $-.63$  con el CIT y el CIV del WISC-IV.

Posteriormente, Bojórquez (2005) estudió la validez y fiabilidad del test grafomotor en una población escolar de clase media de Lima, en concreto 353 alumnos, encontrando una correlación muy estrecha entre el test (puntuación en número de errores) y la edad o grado escolar,  $-.835$  y  $-.853$  respectivamente. Sin embargo, hay que ser cautos con la interpretación de estos hallazgos, pues la autora misma indicó que el nivel mental de los niños no fue evaluado con una prueba específica, como el WISC-R, sino que asumieron que el nivel era adecuado, dado que todos los niños incluidos en el estudio tenían un buen rendimiento escolar, lo que, como es de suponer, resta validez científica al estudio.

En lo que se refiere a la memoria visual, la prueba empírica de la relación entre esta capacidad y la inteligencia se encontró, como ya se ha mencionado, en diversos trabajos en ámbito infantil, encontrándose que la memoria a corto plazo era un buen predictor del nivel de inteligencia (Miller y Vernon, 1992; Rose y Feldman, 1997). Estudios posteriores en la misma línea han continuado arrojando niveles similares de la estrecha asociación entre dichas variables (Kavsek, 2004, citado en Fagan, Holland y Wheeler, 2007; Heyes et al., 2012; Prada, Pérez y Sánchez, 2013; Rose, Feldman, Jankowski y Van Rossem, 2012).

A nivel neurocientífico, existen evidencias que ponen en relación estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual con niveles de inteligencia superiores. Así, en el estudio llevado a cabo por Lee et al. (2006) se observó que la inteligencia más elevada no se explicaba, a un nivel biológico, sólo por una mayor activación en la red fronto-parietal sino también por una activación incrementada en la parte posterior del córtex parietal, incluyendo la zona del lóbulo parietal superior y el surco intraparietal, región esta última muy implicada en la memoria visual (Todd y Marois, 2004, 2005; Xu y Chun, 2006).

Incluso, señalan Lee et al. (2006), a modo de curiosidad, que sus hallazgos se mantienen en línea con datos anatómicos anteriores que demostraban que Albert Einstein tenía un extraordinario córtex parietal en comparación a otros sujetos.

Igualmente, Bégré, Frommer, von Känel, Kiefer y Federspiel (2007) encontraron una elevada correlación entre la inteligencia y los resultados en el Test de Aprendizaje Visual de Rey (.49), sugiriendo que las estimaciones más elevadas de inteligencia estaban asociadas a un mejor rendimiento en memoria visual, con una mayor implicación de la materia blanca en determinadas regiones cerebrales. Estos hallazgos fueron confirmados y mejorados en un estudio posterior de los mismos autores, encontrando un nivel de correlación más elevado entre ambas variables (.72) (Bégré, Kiefer, von Känel, Frommer y Federspiel, 2009).

Estos resultados van en consonancia con diversos estudios de neuroimagen, confirmando la importancia de la red fronto-parietal, implicada en la inteligencia, ante tareas de memoria visual (Astle et al., 2014; Olesen, Nagy, Westerberg y Klingberg, 2003) y la conexión de las mismas a áreas occipitales a través del fascículo longitudinal superior (Tamura et al., 2003). Se recalca también la importancia de estas áreas dado que se ha observado que existe actividad neuronal en las áreas visuales durante determinadas tareas de memoria, contribuyendo al almacenamiento temporal de la información visual para su uso en las tareas que se vayan a realizar posteriormente (Agam et al., 2009).

Un cuerpo creciente de estudios ha puesto de manifiesto que áreas primarias visuales, situadas en regiones occipitales del cerebro, juegan un papel clave en la capacidad de almacenaje de la memoria visual relacionado con medidas de grosor cortical, de forma que sujetos con niveles más elevados de grosor cortical en estas áreas presentan capacidades más altas de almacenaje en la memoria visual (Bergmann, Genc, Kohler, Singer y Pearson, 2014). Esto no deja de ser llamativo si relacionamos este hecho con la cuestión ya vista de cómo el grosor de la corteza cerebral está asociada a diferentes niveles de inteligencia, encontrando, así mismo, que en las inteligencias más altas se apreciaba mayores incrementos de grosor y de superficie cortical (Burgaleta et al. 2014; Schnack et al., 2014; Shaw et al. 2006).

## **4.2. La relación de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales con la inteligencia a través del TRVB**

El estudio empírico de la interacción de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales con la inteligencia, y más a través de la aplicación del TRVB, no es muy amplio tal y como ya señalaron Wong, Cotrena, Cardoso y Fonseca (2010) en su revisión de estudios llevados a cabo con el Test de Retención Visual de Benton, publicados a lo largo de una década, entre 2001 y 2010.

Por ello, es necesario destacar, en primer lugar, los estudios desarrollados por el propio autor del Test que lleva su nombre, Benton (1945), encontrando una elevada correlación (.70) entre las puntuaciones en su test y el nivel de inteligencia general en una muestra de 160 sujetos.

Existe también una relación significativa entre el TRVB y la edad cronológica: el nivel del test aumenta progresivamente desde los 8 años hasta alcanzar una meseta a los 14-15 años, manteniéndose hasta la década de los 30. A partir de la década de los 40 existe una disminución progresiva de la eficiencia, continuando a través de los años sucesivos.

En estudios posteriores, centrados específicamente en población infantil, se puso de manifiesto, sin embargo, que las puntuaciones en el test estaban en mayor medida en consonancia con la edad mental más que con la edad cronológica, tanto en el caso de niños con retraso intelectual (CI entre 58 y 81) como en niños con avanzado desarrollo mental (CI entre 119 y 143), evidenciando la estrecha relación entre la capacidad visuomotora medida por su test y el nivel de inteligencia general (Benton y Collins, 1949).

Así, en un primer estudio con 30 niños con retraso intelectual (CI entre 58 y 81), se observó que una mayoría de los mismos tuvieron actuaciones relativamente pobre en el test. La edad cronológica media para este grupo fue de 12 años y diez meses y la edad mental media de 9 años y cinco meses, alcanzando en la prueba una puntuación media de 3 aciertos, lo que se correspondía a un nivel de edad aproximado de 8 años y seis meses.

Por otro lado, en un grupo de 32 niños con avanzado desarrollo mental (CI entre 119 y 143), edad cronológica media de 9 años y ocho meses y edad mental media de 12 años y dos meses, la puntuación media en el test de Benton fue de 5 aciertos, correspondiendo a un nivel de edad aproximado de 12 años.

Por último, en un grupo de 13 niños con nivel de inteligencia medio, pero con dificultades en el desarrollo de las habilidades de la lectura que estaba afectando su rendimiento escolar, se encontró que las actuaciones de estos niños en el test no mostraba desviaciones significativas: sólo un niño realizó una actuación por debajo de lo esperable como normal. La edad cronológica media de este grupo era de 10 años y siete meses, y la puntuación media en el test de retención visual fue de 4 aciertos, correspondiente, según el baremo, a un nivel de edad aproximado de 10 años.

Como resultado de todas estas observaciones clínicas, realizadas entre diferentes colectivos infantiles, se extrajo la conclusión de que los datos normativos parecen bastante claros en sus indicaciones de que la función visoespacial (memoria visual inmediata con respuesta gráfica) como se mide en el test de retención visual, está en crecimiento desde los 8 a los 14 años y que el nivel de eficiencia de un niño en relación a esta función puede ser apreciada por el test. Los datos obtenidos tanto en estudios con niños con retraso como con niños con capacidad superior indican que la capacidad está estrechamente relacionada con el nivel de inteligencia general.

En los últimos años, señalar las investigaciones llevadas a cabo por Guerra (2002) y Valadez (2005, citada en Benito et al., 2014). En la primera, se encontró una significativa y elevada correlación de .83 entre la Edad Equivalente de Memoria Visual, evaluada a través del TRVB, y la EM obtenida a través del SBL-M, en una muestra de 25 niños con un CI medio de 137, valorados en el Centro Huerta del Rey (Valladolid, España), con edades comprendidas entre los 5 años y cero meses y los 8 años y nueve meses.

De forma similar, Valadez (2005, citada en Benito et al., 2014), llevó a cabo una investigación en la Universidad de Guadalajara (México), en colaboración con el Centro Huerta del Rey, analizando el grado de relación entre la memoria visual, evaluada

también a través del TRVB, y la Edad Equivalente del WISC-R en una muestra de 60 niños (5:6 – 8:4), encontrando un índice de correlación de .86 entre ambas variables.

En un reciente trabajo, Thompson y Gander (2011) observaron también la fuerte relación existente entre el CI total de los sujetos, evaluado a través de la escala Wechsler, con el número total de respuestas correctas en el TRVB, corroborando los resultados de anteriores trabajos, y llevándoles a sugerir, en la línea de lo hasta ahora expuesto, que “los niveles de CI de alguna forma están relacionados con nuestra percepción visual, memoria visual y habilidades visuconstructivas” (p. 8).

Estos estudios parecen señalar que la inteligencia medida a través de tests psicométricos de la inteligencia guarda relación con el desarrollo de los procesos de maduración neurobiológica del cerebro, en la línea de otros trabajos que establecen relaciones entre determinadas medidas neurológicas, tales como el volumen de materia gris (Wilke et al., 2003; Luders et al., 2009a), el volumen de materia blanca (Schmithorst et al., 2005) o el grado de grosor y superficie cortical (Burgaleta et al., 2014; Schnack et al., 2014; Shaw et al., 2006), con diferentes niveles de CI psicométrico.

A través de técnicas de neuroimagen, se ha observado la implicación de diferentes redes neuronales con la conexión de las regiones frontales, parietales y occipitales del cerebro a través del fascículo occipitofrontal inferior, como elemento clave en las interacciones entre funciones visuales, espaciales y ejecutivas en tareas visuconstructivas, que incluyen tareas de copia y tareas de memoria (Voineskos et al., 2012).

### **4.3. Conclusiones**

La evidencia empírica de la relación existente entre las variables objeto del presente estudio parte de experiencias previas que ponían de manifiesto el elevado grado de asociación entre el nivel de maduración visuomaneal del sujeto y su inteligencia, llegando a concluir que a mayor índice de éste último, se observaba un desarrollo motor avanzado (Koppitz, 1975) que podía observarse de forma más notable

en determinado período del desarrollo evolutivo, destacando un período clave por debajo de los 10, incluso de los 8 años (Bojórquez, 2005; Del Giudice et al. 2000; Knoff y Sperling, 1986; Pascual-Pascual, 2001).

En lo que se refiere a la memoria visual, la prueba empírica de la relación entre esta capacidad y la inteligencia se ha encontrado en numerosos trabajos (Kavsek, 2004, citado en Fagan, Holland y Wheeler, 2007; Heyes et al., 2012; Miller y Vernon, 1992; Prada, Pérez y Sánchez, 2013; Rose y Feldman, 1997; Rose, Feldman, Jankowski y Van Rossem, 2012) y se ha corroborado a nivel neurocientífico con la asociación de determinadas estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual con niveles de inteligencia superiores, sugiriendo que las estimaciones más elevadas de inteligencia estaban asociadas a un mejor rendimiento en memoria visual (Begré et al., 2007, 2009; Lee et al., 2006).

La conjunción de las variables memoria visual y habilidades visuoespaciales para el estudio de su relación con la inteligencia a través del Test de Retención Visual de Benton, arroja un número muy reducido de estudios dado lo específico de la materia. Si bien, tras los pocos trabajos desarrollados en esta línea ha podido concluirse la estrecha relación existente entre las mencionadas variables (Benton y Collins, 1949; Guerra, 2002; Thompson y Gander, 2011; Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014), llegando a observar empíricamente lo que a nivel neurocientífico parece establecido: el hecho de que la relación entre dichas variables es tan elevada porque se comparten estructuras cerebrales implicadas en ambos procesos (Astable et al., 2014; Lee et al., 2006; Olesen et al., 2003; Tamura et al., 2003; Voineskos et al., 2012), llegando incluso a establecer interesantes conexiones en el caso de las inteligencias más elevadas (Begré et al., 2007, 2009; Bergmann et al., 2014).

El hallazgo de estas elevadas asociaciones plantea la posibilidad de ampliar el estudio de la relación entre el CI psicométrico y variables neurológicas y/o neuropsicológicas, tal y como ya hicieron anteriormente otros investigadores (Shaw et al., 2006; Burgaleta et al., 2014; Schnack et al., 2014), en este caso para explorar la relación entre el nivel de inteligencia psicométrica y las variables de memoria visual y habilidades visuoespaciales, en un marco de edad hasta ahora escasamente considerado en el ámbito en el que se desarrolla el presente trabajo.

**MARCO EXPERIMENTAL**



## **CAPITULO V: ESTUDIOS EXPERIMENTALES**

### **5.1. Justificación**

Hasta el momento se han presentado las concepciones y propiedades básicas de la inteligencia, en general, y las de la memoria visual y habilidades visuoespaciales en particular. Con ello, se pretendía ofrecer una visión amplia sobre las investigaciones y las temáticas más influyentes en este campo de conocimiento, con el fin de sentar las bases para ir delimitando poco a poco el objeto de estudio del presente trabajo.

De las principales conclusiones extraídas, que nos llevan a señalar la estrecha relación existente entre las variables de memoria visual y habilidades visuoespaciales e inteligencia (Benton y Collins, 1949; Guerra, 2002; Thompson y Gander, 2011; Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014), con la observación empírica de lo que a nivel neurocientífico parece establecido al compartir estructuras cerebrales implicadas en ambos procesos (Astle et al., 2014; Lee. et al., 2006; Olesen et al., 2003; Tamura et al., 2003; Voineskos et al., 2012), así como de los estudios que evidencian la importancia del período de edad entre los 5 y 8 años en el desarrollo neuropsicológico del sujeto a nivel cognitivo en las áreas planteadas (Anderson, 2002; Bausela, 2005; Best et al., 2009; Hitch et al. 1988; Klingberg, 2006; Kobuko et al., 2012; Martens et al., 2014; Poirel et al., 2008; Poirel et al., 2011; Portellano y García, 2014), parte el presente trabajo.

Hay que mencionar, igualmente, los trabajos previos desarrollados en esta área. En concreto, el comienzo hay que remontarlo mucho tiempo atrás, hace más de diez años. En aquel momento, desarrollé un primer trabajo de investigación, enmarcado

dentro de los cursos de: “Intervenciones Psicológicas en el Ámbito Educativo”, cuyo título rezaba “Procesamiento De Información Y Funciones Adquisitivas Integradoras Para El Aprendizaje Escolar: Relación Entre La Edad Mental Y La Memoria Visual”, bajo la dirección de la Dra. Yolanda Benito y el Dr. Jesús Moro, del Centro Huerta del Rey, para la obtención del reconocimiento de Suficiencia Investigadora por la Universidad de Valladolid.

Las conclusiones entonces extraídas confirmaron la estrecha relación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB y la Edad Mental estimada según el SBL-M, en un grupo de 25 niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica, con CI medio de 137, señalando la importancia de poder estudiar en un futuro esta elevada relación en una población más elevada de sujetos y con mayor variabilidad de CIs. Así pues, de aquellas semillas llegan hoy sus frutos, convertidos en la presente tesis doctoral.

Señalar que tanto la investigación previa como la presente han sido posibles gracias a la amplísima base de datos de tests de diagnósticos de alumnos superdotados y no superdotados en el Centro Huerta del Rey, centro de identificación, seguimiento, formación e investigación en el campo de la superdotación y el talento, reconocido como centro sanitario por la Junta de Castilla y León.

Siguiendo la estela de los trabajos realizados relacionando medidas psicométricas de la inteligencia con variables neuropsicológicas, se presenta el siguiente trabajo de investigación con el fin de ampliar el conocimiento en dicho campo. Se constata además la escasez de estudios sobre el desarrollo neuropsicológico de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, sobre todo en población española, tal y como ya señalaron otros autores (González-Pérez et al., 2014), y se quiere resaltar la importancia de la muestra obtenida dadas las dificultades para hallar un número significativo de sujetos con niveles altos de inteligencia. “Simplemente para encontrar 10 sujetos por encima de 132 de CI sería necesaria una muestra representativa de 438 sujetos” (Tourón et al., 1998, citados en Benito et al., 2014, pp. 35).

Es pues en este punto concreto del estudio de la relación entre inteligencia psicométrica, memoria visual y habilidades visuoespaciales en el que el presente trabajo de investigación quiere realizar una aportación relevante analizando la relación

entre estas variables en una muestra infantil, de entre 5 y 8 años de edad cronológica, y contribuir al conocimiento del desarrollo de la inteligencia humana en el período infantil señalado.

## **5.2. Objetivo general**

El objetivo general del presente trabajo es aumentar el conocimiento del desarrollo de la inteligencia humana, en el ámbito de la neuropsicología infantil, a través del estudio de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas asociado al nivel del desarrollo neurológico del menor y su capacidad intelectual.

Así mismo, y dado el instrumento principal utilizado en el estudio, ver la posibilidad de dotar al Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, de una nueva función, diferente a la inicialmente establecida, en la valoración aproximada del nivel intelectual de un sujeto, tras la observación del rendimiento en un grupo de niños y niñas con una edad cronológica inferior a la inicialmente señalada por la prueba.

## **5.3. Método**

### **5.3.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación se centra en el estudio correlacional entre las variables cuantitativas seleccionadas de Edad Equivalente de Memoria Visual, medida a través del Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental, calculada en base al CI obtenido en la Escala Wechsler y el test de Stanford-Binet, en una muestra de niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica.

El horizonte de tiempo empleado es de tipo transversal, dado que los instrumentos de evaluación fueron aplicados en una única ocasión a la muestra seleccionada.

Los datos e información se obtuvieron a través de fuentes primarias (tests) y secundarias (libros, revistas, publicaciones periódicas, páginas web, etc.).

### 5.3.2. Variables de estudio

- Edad Equivalente de Memoria Visual (EEMV) en el Test de Retención Visual de Benton, calculada en base al número de aciertos en la prueba.
- Edad Mental (EM) en el Test de Stanford-Binet Forma L-M, calculada computando al sujeto su edad base (conjunto de tests en los que no hay ningún fallo y que justamente precede al nivel donde se da el primer fallo) más todos los aciertos adicionales que consiga superada esa edad.
- Edad Equivalente (EE) en la Escala Wechsler: edad promedio, en años y meses, en la que es más común obtener la puntuación de CIT de la escala aplicada.

### 5.3.3. Herramientas

En el presente trabajo, se ha optado por emplear el Test de Retención Visual de Benton (Benton, 1945), como herramienta neuropsicológica para la medida de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, dado que actualmente está internacionalmente clasificado como uno de los 10 tests más renombrados, considerándose como un excelente test de *screening* por lo práctico, sencillo y económico de su pasación (Steck, 2005) y los hallazgos previos sobre la relación de la prueba con el nivel de inteligencia (Benton, 1945; Benton y Collins, 1949; Guerra, 2002; Thompson y Gander, 2011; Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014).

En relación a la medida psicométrica de la inteligencia, se ha decidido emplear las dos pruebas más recomendadas (APA, 2002) y empleadas a nivel mundial: Stanford-Binet y Wechsler. Respecto a la primera, se ha optado por la tercera revisión de la escala de Stanford Binet, la forma L-M, porque aunque existen versiones de la prueba más actualizadas, los profesionales que trabajan en la valoración de la inteligencia a los niveles más elevados, siguen pensando que la versión SBL-M es la mejor para detectar tales niveles (Silverman y Keartney, 1989; Gilman y Revel, 1999).

Igualmente hay que señalar la mayor correlación existente entre el “viejo” SBL-M y el WISC-IV de .823 (Benito et al., 2009), frente a versiones más actuales del Test de Stanford-Binet de entre .30 y .53 (Wilson y Gilmore, 2012; Afrooz et al., 2014). Fenómeno que se observa también en relación a la prueba del WPPSI, habiéndose obtenido mayor correlación, a nivel de CIT, con el SBL-M (Pasewark, Rardin y Grice, 1971), que con el SB-5 (Garred y Gilmore, 2009). Estos hallazgos parecen indicar que, a pesar de la diferencia de años que los separan, la versión más antigua del Test de Stanford-Binet tiene más que ver con las versiones más actuales de otros tests de inteligencia, lo que indica que parecen medir conceptos similares de inteligencia.

Respecto a la escala Wechsler, se han empleado las dos versiones más actuales del momento de la investigación, en función de la edad de los sujetos a los que les eran aplicadas: el WIPPSI III (Wechsler, 2002) y el WISC-IV (Wechsler, 2005).

### **5.3.3.1. Test de Retención Visual de Benton (TRVB)**

Como ya se ha mencionado, el Test de retención visual de Benton fue diseñado por Arthur L. Benton (1945) con el objeto de ser un instrumento clínico de investigación para la evaluación de la percepción visual, la memoria visual y las habilidades visuoespaciales del sujeto, a partir de 8 años, a través de la reproducción de 10 láminas de dibujos geométricos.

El test dispone de cuatro modos de administración (A, B, C y D) que varían en función de si el sujeto debe copiar unos dibujos cuando éstos aún permanecen delante de él (Administración C) o reproducirlos de memoria cuando éstos ya han sido retirados, con distintos tiempos de medida. Así, en la Administración A cada lámina permanece expuesta diez segundos y el sujeto debe reproducirla inmediatamente tras su retirada, en la Administración B el tiempo de exposición de la lámina es de cinco segundos antes de su reproducción inmediata de memoria, y en la Administración D las láminas se exponen durante diez segundos y el sujeto debe reproducirlas de memoria tras un intervalo de quince segundos desde su retirada.

El nivel de dificultad de la tarea también viene marcada por el grado de complejidad de los dibujos a reproducir, de forma que se distinguen tres formas (C, D y E) en función de la composición de las láminas.

La sensibilidad del test a los efectos de la patología cerebral es su rasgo clínico más sobresaliente, lo que justifica su inclusión en las baterías de diagnóstico neuropsicológico.

En el trabajo clínico se obtiene pronto la impresión de que los pacientes con lesiones parieto-occipitales son los que tienden con mayor frecuencia a realizar ejecuciones defectuosas y cometer los errores más toscos. Esta impresión está de acuerdo con la extensa literatura psiconeurológica que atribuye, en general, los defectos viso-psíquicos a las perturbaciones de la función parieto-occipital (Benton, 1986, p. 369).

El Test de Retención Visual tiene valor específico en el examen de niños en los cuales se sospecha lesión o enfermedad cerebral, dado que estos niños muestran con frecuencia una disminución selectiva de la función intelectual al ser su rendimiento viso-perceptivo y viso-motor significativamente defectuoso (Taylor, 1959, citado en Benton, 1986). Se ha visto, por otra parte, que los “niños deficientes mentales tienden a las ejecuciones defectuosas en el test, estando sus resultados más de acuerdo con su nivel intelectual general o edad mental que con su edad cronológica” (Benton, 1986, p.42), si bien existe la duda de si este hecho es debido más a incapacidades visuoconstructivas o a dificultades de memoria, lo cual podría analizarse con la aplicación diferenciada de la Administración C de la prueba (tareas de copia) frente a la Administración A, por ejemplo.

En la Administración A de la prueba, donde la valoración de la memoria visual toma mayor relevancia, se dan al sujeto hojas de papel en blanco, del mismo tamaño que las láminas sobre las cuales están impresos los dibujos, y un lápiz y goma de borrar. Se le dice que se le mostrará una lámina sobre la cual hay una o más figuras; que debe observar la lámina durante diez segundos y que después, cuando se retire la lámina, dibujará lo que ha visto.

La valoración de la prueba es objetiva y se realiza sobre la base de principios explícitos, en base al número de reproducciones correctas (que mide la eficiencia general de la ejecución) y la valoración de los errores (que tiene en cuenta el tipo específico de los errores cometidos por el sujeto).

Los valores normativos para la Administración A de la prueba en niños recogen los “niveles esperados” de la ejecución en función de la edad y el nivel de inteligencia. La interpretación se basa en la comparación de los niveles obtenidos y “esperados”. Así, por ejemplo, para un niño de 8 años de edad cronológica y un CI estimado de 105 ó superior, el número de reproducciones correctas esperadas en la prueba es de 4. Para un sujeto de la misma edad, pero un CI estimado de entre 95 y 104, el número de reproducciones correctas esperadas es 3.

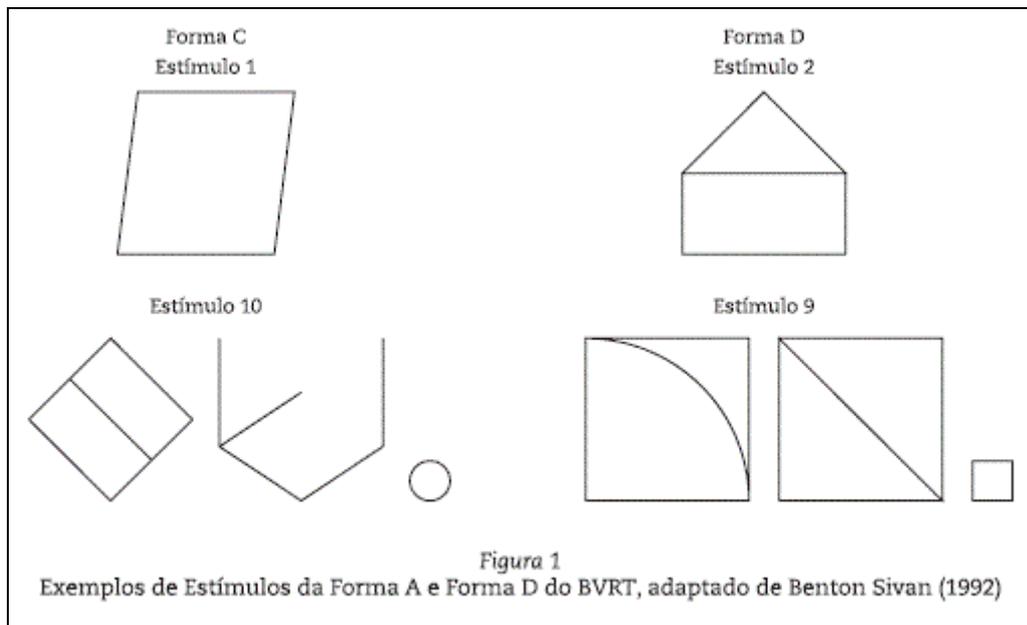
Aunque Benton no reflejó en su tabla de baremación de la Administración A edades cronológicas inferiores a 8 años, sí recoge diversos estudios que pusieron de manifiesto que niños más pequeños eran capaces de realizar la prueba en la Administración C, copia de dibujos (Brasfield, 1971; Beames y Russell, 1970; ambos citados en Benton, 1986). Igualmente, mencionar los estudios en la Administración A, reproducción de memoria, llevados a cabo con sujetos de entre 5 y 8 años (Guerra, 2002; Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014).

En cuanto a la fiabilidad y la validez de la prueba, la fiabilidad apreciada por el método retest para la Administración A y la estimada por medio del coeficiente de correlación entre formas equivalentes han proporcionado índices de .85 aproximadamente.

La validez del Test ha sido también confirmada en numerosos estudios. Según Benton (1986), los realizados por Fischer et al. (1968) “son particularmente interesantes en sus indicaciones de que pacientes con lesiones que implicaban uno u otro hemisferio mostraban resultados defectuosos, en tanto que otros con lesiones en niveles inferiores del sistema nervioso central (...) realizaban la tarea normalmente” (p.53).

Las relaciones del Test de Retención Visual con otras pruebas se han evaluado en muchos estudios y se han hallado sistemáticamente correlaciones positivas (Benton, 1986). En el caso de los tests de inteligencia, se han hallado asociaciones significativas con el WAIS (Zwaan et al., 1967, citados en Benton, 1986), el WAIS III (Thompson y Gander, 2011), el SBL-M (Guerra, 2002) y el WISC-R (Valadez, 2005, citada en Benito et al., 2014).

Dadas las características de la muestra (niños y niñas con edades cronológicas por debajo de 8 años) y el objetivo de estudio, la memoria visual y habilidades visuoestructurales e inteligencia, se consideró la pasación de la Administración A, Forma C, puesto que estudios sistemáticos han indicado que en la Administración A, la Forma C es ligeramente más fácil que las Formas D y E (Breidt, 1970; Zwaan et al., 1967; ambos citados en Benton, 1986).



**Figura 22: Ejemplo de láminas empleadas en el TRVB correspondientes a las Formas C y D. Imagen tomada de Segabinazi, J. D., Duarte Junior, S., Salles, J. F., Bandeira, D. R., Trentini, C. M., y Hutz, C. S (2013). <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/avp/v12n3/v12n3a18.pdf>**

### 5.3.3.2. Stanford-Binet Forma L-M

En 1960 apareció la tercera edición del test: el *Intelligence Scale, Form L-M*, (conocido como SBL-M) introduciendo algunas modificaciones respecto a las escalas anteriores. Se realizaron cambios en el contenido con el objeto de eliminar los subtests menos satisfactorios o los elementos que eran repeticiones de otros que se conversaban, así como una nueva colocación de los elementos y valoración de los mismos en cuanto al nivel de dificultad.

Igualmente, ciertas modificaciones se llevaron a cabo en la estructura de la prueba al incorporar dos importantes correcciones: la primera, un ajuste de los CI con la variabilidad atípica y la segunda, la confección de nuevas tablas de CI resultando en unos CI comparables entre los de un nivel de edad y los de otro. Esto se consiguió teniendo en cuenta las diferencias de variabilidad en los diversos niveles de edad. Los CI incluidos en las nuevas tablas fueron corregidos en una proporción que compensa las diferencias en variabilidad de las desviaciones típicas en los diversos niveles de edad.

El SBL-M evalúa habilidades en áreas tales como el lenguaje, memoria, pensamiento conceptual, razonamiento verbal, razonamiento numérico, actuación visual-motórica y cognición social. Esta medida tiene un techo más alto, virtualmente es intemporal y tienen menos ítems que requieren una actuación motórica y de percepción visual.

Es una escala de edad que hace uso de los modelos de actuación según la edad, de forma que la EM del sujeto en la prueba se calcula computando al sujeto su edad base (conjunto de tests en los que no hay ningún fallo y que justamente precede al nivel donde se da el primer fallo) más todos los aciertos adicionales que consiga superada esa edad.

Aunque existen versiones de la prueba más actualizadas, los profesionales que trabajan en la valoración de la inteligencia a los niveles más elevados, siguen pensando que esta versión es la mejor para detectar tales niveles (Silverman y Keartney, 1989; Gilman y Revel, 1999; Silverman, 2009; Tyler-Wood et al., 2014). También es especialmente útil para medir con exactitud los niveles inferiores de capacidad intelectual.

En la evaluación de niños superdotados, la prueba psicométrica más reconocida a nivel mundial, es el Stanford-Binet, es el más recomendado, puesto que es el que tiene menos techo y puede medir puntuaciones extremas, lo que los tests modernos no hacen (Benito, 1999, p.23; Alonso y Benito, 2004, p.61).

Igualmente hay que señalar la mayor correlación existente entre el “viejo” SBL-M y el WISC-IV de .823 (Benito et al., 2009), frente a versiones más actuales del Test de Stanford-Binet de entre .30 y .53 (Wilson y Gilmore, 2012; Afrooz et al., 2014).

Este fenómeno se observa igualmente en relación a la prueba del WPPSI, habiéndose obtenido mayor correlación, a nivel de CIT, con el SBL-M (Pasewark et al., 1971), que con el SB-5 (Garred y Gilmore, 2009).

Estos hallazgos señalan que, a pesar de la diferencia de años que los separan, parece que la versión más antigua del Test de Stanford-Binet tiene más que ver con las versiones más actuales de otros tests de inteligencia, lo que indica que parecen medir conceptos similares de inteligencia. En este sentido es oportuno recordar que el “viejo” SBL-M está basado en las teorías monolíticas de la inteligencia de principios del s. XX.

### **5.3.3.3. Escalas Wechsler**

#### **5.3.3.3.1. WPPSI-III**

La Escala de Inteligencia de Wechsler para Preescolar y Primaria-III, WPPSI-III (Wechsler, 2002) se trata de una revisión actualizada de la Escala de Inteligencia para Preescolar y Primaria Revisada WPPSI-R (Wechsler, 1960), diseñada para evaluar las capacidades cognitivas de niños con edades comprendidas entre los 2 años y 6 meses y los 7 años y 3 meses.

Dada la dificultad para la evaluación intelectual de los niños en edad preescolar, especialmente los menores de 4 años, debido al uso aún limitado del lenguaje y factores de fatigabilidad y tedio, la escala diferencia dos etapas de valoración: de 2 años y 6 meses a 3 años y 11 meses; y de 4 años a 7 años y 3 meses.

La escala consta de 14 tests que se agrupan entre tres categorías: principales, complementarios y opcionales. Los tests principales se deben aplicar en la mayoría de los casos en los que se desee obtener los índices que la prueba aporta: CI Total (CIT), CI Verbal (CIV) y CI Manipulativo (CIM). El CIT se considera una de las puntuaciones más representativas del factor *g* o medida de la capacidad intelectual general.

A continuación se definen brevemente cada uno de los 14 tests de la prueba:

El test de *Cubos*, de carácter manipulativo, fue diseñado para evaluar la capacidad de analizar y sintetizar estímulos visuales abstractos. También implica la formación no verbal de conceptos, la percepción y la organización visual, el procesamiento simultáneo, la coordinación visuomanual, el aprendizaje y la capacidad de separar la forma de la figura de los estímulos visuales.

El test de *Información* evalúa la capacidad del sujeto para adquirir, conservar y recuperar conocimientos referidos a hechos generales y, por lo tanto, se relaciona con la inteligencia cristalizada, la memoria a largo plazo y la aptitud para recordar y recuperar información extraídas del entorno próximo.

El test de *Matrices* proporciona una medición fiable del procesamiento de la información visual y de la aptitud de razonamiento abstracto.

El test de *Vocabulario* fue diseñado para evaluar la formación de conceptos verbales y el conocimiento que el niño tiene de las palabras. También mide los conocimientos generales, la capacidad de aprendizaje, la memoria a largo plazo y el grado de desarrollo del lenguaje.

El test de *Conceptos* fue creado para evaluar el razonamiento abstracto y la formación de categorías.

El test de *Búsqueda de Símbolos*, prueba complementaria de velocidad de procesamiento, implica, además, memoria visual a corto plazo, coordinación visuomanual, flexibilidad cognitiva, discriminación visual y concentración.

El test de *Adivinanzas* se relaciona con tareas destinadas a evaluar el razonamiento verbal; tareas que se han mostrado eficaces para evaluar la comprensión verbal, la capacidad de razonamiento analógico y general, la capacidad para integrar y

sintetizar distintos tipos de información, la abstracción verbal, el conocimiento genera y la capacidad de generar conceptos alternativos.

El test de *Claves* se trata de un test principal de velocidad de procesamiento, donde se mide no sólo velocidad de procesamiento, sino también memoria a corto plazo, capacidad de aprendizaje, percepción visual, coordinación visuomanual, aptitud de selección visual, flexibilidad cognitiva, atención y motivación.

El test de *Comprensión* evalúa el razonamiento y la conceptualización verbal, la capacidad para valorar y utilizar la experiencia, la comprensión y expresión verbal y la capacidad de utilizar información práctica.

La prueba de *Figuras Incompletas* es de tipo manipulativo y es uno de los tests complementarios. Evalúa la organización y percepción visual y la concentración y reconocimiento visual de los elementos esenciales de un objeto.

El test de *Semejanzas* es un test verbal complementario, diseñado para evaluar el razonamiento verbal y la formación de conceptos.

La prueba de *Dibujos* evalúa la capacidad de comprender instrucciones verbales, la discriminación auditiva y visual, la memoria auditiva, el procesamiento auditivo y la integración de la percepción visual con el input auditivo.

El test de *Rompecabezas* evalúa la organización visoespacial, la integración en las relaciones entre una parte y el todo, el razonamiento no verbal y el aprendizaje por ensayo y error.

Y por último, el test de *Nombres* evalúa el lenguaje expresivo, la recuperación de las palabras de la memoria a largo plazo y la asociación de los estímulos visuales con el lenguaje.

Aunque la aplicación de las pruebas principales genera puntuaciones que son válidas y clínicamente significativas, es muy recomendable aplicar además los tests complementarios que permiten calcular el índice de Lenguaje General y el índice de Velocidad de Procesamiento. El primero proporciona una medida superficial (screening) del lenguaje mediante dos pruebas de vocabulario: expresivo y receptivo en los niños más pequeños. Para los niños más mayores existe la posibilidad de obtener el índice de Velocidad de Procesamiento.

La evaluación de la velocidad de procesamiento cobra especial relevancia en los niños por la relación que ésta tiene con el desarrollo neurológico, con otras aptitudes cognitivas y con el aprendizaje. El aumento de las puntuaciones que obtienen los niños en las pruebas de velocidad de procesamiento conforme se van haciendo mayores es un reflejo de los cambios que se van produciendo con la edad en el número de conexiones del sistema nervioso central y del proceso de mielinización... Las investigaciones clínicas en neuropsicología cognitiva del desarrollo indican que existe una interrelación dinámica entre la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento y el razonamiento (Wechsler, 2009, p. 27-28).

Las puntuaciones directas que el niño/a obtiene en cada prueba son transformadas en una puntuación escalar con media 10 y desviación típica 3. Las puntuaciones escalares representan el comportamiento de un niño en el test en relación con otros de su misma edad. Una puntuación escalar de 10 refleja el resultado promedio de un determinado grupo de edad.

Las puntuaciones compuestas o índices se calculan a partir de la suma de las puntuaciones escalares de varias pruebas y se transforman en una escala métrica con media 100 y desviación típica 15. Una puntuación de 100 en cualquiera de los índices define a un niño que se sitúa en el promedio de los niños de ese grupo de edad.

La equivalencia de edad de las puntuaciones directas indica la edad en la que una puntuación es comúnmente obtenida por los niños de una edad determinada. Las puntuaciones de Edad Equivalente vienen representadas en años y meses.

Los promedios de los coeficientes de fiabilidad de la prueba oscilan entre 0,87 (Lenguaje General) y 0,94 (CIT) (Wechsler, 2002).

#### **5.3.3.3.2. WISC-IV**

La Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños-IV, WISC-IV, (Wechsler, 2005) es un instrumento clínico de aplicación individual para evaluar las capacidades cognitivas de sujetos con edades comprendidas entre los 6 años y 0 meses y los 16 años y 11 meses.

Se trata de la última versión actualizada de las anteriores escalas de Wechsler (WISC, WISC-R y WISC-III) que recoge las teorías y prácticas más recientes en la evaluación cognitiva infantil, destacando la atención prestada al ámbito de la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento de la información.

La escala consta de varios tests e índices que suministran información sobre el funcionamiento intelectual en ciertos campos específicos. Los tests que la prueba incluye son: Cubos, Semejanzas, Dígitos, Conceptos, Claves, Vocabulario, Letras y números, Matrices, Comprensión, Búsqueda de Símbolos, Figuras incompletas, Animales, Información, Aritmética y Adivinanzas. Entre éstos, se distinguen los tests principales y los tests optativos que permiten aportar información adicional sobre el funcionamiento cognitivo e intelectual del sujeto y pueden utilizarse para sustituir a alguno de los tests principales.

A través de los resultados obtenidos por el sujeto en los tests, el WISC-IV permite obtener cuatro puntuaciones compuestas (el índice de Comprensión Verbal, el índice de Razonamiento Perceptivo, el índice de Memoria de Trabajo y el índice de Velocidad de Procesamiento) y un CI Total que refleja la capacidad cognitiva general del sujeto.

El índice de Comprensión verbal (CV) expresa habilidades de formación de conceptos verbales, expresión de relaciones entre conceptos, riqueza y precisión en la definición de vocablos, comprensión social, juicio práctico, conocimientos adquiridos y agilidad e intuición verbal. Consta de cinco pruebas, tres de ellas principales (Semejanzas, que analiza la capacidad de abstraer y generalizar a partir de dos conceptos dados; Vocabulario, que analiza el conocimiento léxico, la precisión conceptual y la capacidad expresiva verbal y Comprensión, que mide razonamiento y juicio social frente a la solución de problemas cotidianos) y dos optativas (Información, que evalúa la capacidad de adquirir, conservar y recuperar conocimientos adquiridos y Adivinanzas, que mide las habilidades para integrar información, generar conceptos alternativos y condensar información).

El índice de Razonamiento Perceptivo (RP) expresa habilidades prácticas-constructivas, formación y clasificación de conceptos no-verbales, análisis visual y procesamiento simultáneo. Costa de cuatro pruebas, tres principales (Cubos, que mide habilidades de análisis, síntesis y organización viso-espacial, a tiempo controlado; Conceptos, que mide la formación de conceptos y categorías a partir de material visual y Matrices, que analiza razonamiento por analogías visuales e implica integración de información visual) y una optativa (Figuras incompletas, que analiza las capacidades de reconocimiento y organización perceptiva a tiempo controlado).

El índice de Memoria de Trabajo (MT) analiza la capacidad de retención y almacenamiento de información, de operar mentalmente con esta información, transformarla y generar nueva información. Este índice consta de tres pruebas, dos principales (Dígitos, analiza memoria inmediata y memoria de trabajo, indicando habilidades de secuenciación, planificación, alerta y flexibilidad cognitiva y Letras y Números, analiza la capacidad de retener y combinar dos tipos de información, organizarla y elaborar un conjunto organizado según consignas) y una optativa (Aritmética, cronometrada, analiza habilidades de razonamiento numérico, agilidad en el manejo y reorganización de la información, atención y memoria a corto plazo).

Finalmente, el índice de Velocidad de Procesamiento de la información (VP) mide la capacidad para focalizar la atención, explorar, ordenar y/o discriminar información visual con rapidez y eficacia. Consta de tres subtests que se desarrollan bajo control de tiempo: dos principales (Claves y Búsqueda de Símbolos, que miden habilidades de rapidez asociativa, aprendizaje, percepción visual, coordinación visomanual, atención, motivación y resistencia frente a tareas repetitivas) y una optativa (Animales, que analiza atención selectiva y planificación en la búsqueda ordenada versus desordenada de información).

Al igual que en la anterior escala mencionada, las puntuaciones directas obtenidas se transforman en una escala de puntuaciones escalares, cuya suma proporciona las puntuaciones compuestas. También permite hallar las puntuaciones de EE para cada prueba, y una puntuación global de Edad Equivalente media, en base a la

pasación sólo de los tests principales o de todos los tests de la prueba, que se calcula a través del cálculo de la media aritmética.

Los coeficientes de fiabilidad de la prueba oscilan entre 0,75 y 0,91(Wechsler, 2005).

#### **5.4. Muestra**

La muestra del estudio estaba inicialmente compuesta por 138 niños y niñas, con edades cronológicas comprendidas entre 5 y 8 años, que fueron evaluados en el Centro Huerta del Rey (Valladolid) a lo largo del período 2006-2014. El Centro Huerta del Rey es un centro de identificación, seguimiento, formación e investigación en el campo de la superdotación y el talento, reconocido como centro sanitario por la Junta de Castilla y León. Fundado en 1989, goza, además, del reconocimiento a nivel internacional como recurso especializado en la atención de alumnos/as con superdotación intelectual.

La procedencia de la muestra fue de toda la geografía española, de nivel socioeconómico medio, medio-bajo y medio-alto. No se tuvo en cuenta ningún criterio de exclusión.

De los 138 sujetos inicialmente seleccionados, finalmente componen la muestra de estudio **121 niños y niñas**, debido a que no todos fueron capaces de realizar el Test de Retención Visual de Benton. El motivo de ello fue que algunos de los sujetos seleccionados con una edad cronológica de 5 años no disponían, según se observó, de las habilidades visuconstructivas necesarias para la reproducción gráfica de los dibujos geométricos que componen la prueba, y otros, aunque fueron capaces, obtuvieron puntuaciones que hacían no valorable la prueba (puntuaciones de edad equivalente inferior a 8 años).

La **descripción de la muestra**, atendiendo a las variables de edad, género y nivel de CI, es la siguiente:

- En función de la edad: 14 sujetos de 5 años, 26 de 6 años, 34 de 7 años y 47 de 8 años. La edad media de la muestra fue de 7 años 4 meses.

- En función del género: 82 varones y 39 mujeres. El motivo de la diferencia en número es debido a la reducida demanda de valoración en el caso de las niñas en el Centro Huerta del Rey (Benito, 1992).

La descripción de la muestra según la edad y el género es la siguiente:

**Tabla 1: Descripción de la muestra total según edad y género.**

	5 años	6 años	7 años	8 años	TOTAL
VARONES	10	18	22	32	82
MUJERES	4	8	12	15	39
TOTAL	14	26	34	47	121

- Y en función del nivel de inteligencia psicométrica, distinguiendo los resultados en base a las medidas clínicas de la inteligencia en el ámbito psicométrico aplicadas. En cuanto al test de Stanford-Binet Forma L-M, el rango de CI oscilaba entre 74 y 190, siendo la media de CI de 131. Respecto a la escala Wechsler, rango de CI entre 89 y 152, siendo el CI medio de 128.

Hay que señalar que en ninguna de las dos pruebas de medida de la inteligencia se encontró efecto techo, puesto que el nivel máximo de CI que mide el WISC-IV es 160, el WPPSI también 160 y el SBL-M, en el marco de edad estudiado, no tiene puntuación techo. La puntuación más elevada encontrada en el Centro Huerta del Rey al aplicar el SBL-M en este rango de edad fue de 211 en un niño de 8 años y 5 meses (Benito, 1999).

La descripción de la muestra según el nivel de CI en cada una de las medidas clínicas de la inteligencia en el ámbito psicométrico aplicadas es la siguiente:

**Tabla 2: Descripción de la muestra total según nivel de CI obtenido en el Stanford Binet Forma L-M y Escala Wechsler.**

	CI por debajo de 99	CI 100 - 115	CI 116 - 129	CI 130 - 144	CI 145 ó más	TOTAL
SBL-M	5	20	29	45	22	121
Escala Wechsler	4	14	44	52	7	121

El elevado número de niños y niñas seleccionados con un CI por encima de 130 implica un dato a destacar, dada la dificultad de encontrar muestras de estas características. Hay que considerar el hecho de que en una muestra aleatoria de entre 100 y 300 sujetos, únicamente se encontraría entre 2 y 6 sujetos con una puntuación de CI de dos desviaciones por encima de la media. Es decir, simplemente para encontrar 10 sujetos por encima de 132 de CI, dos desviaciones típicas, sería necesaria una muestra representativa de 438 sujetos (Tourón, Peralta y Reparaz, 1998).

El hecho de delimitar la búsqueda de la muestra sólo a sujetos con edades comprendidas dentro de un rango determinado, entre 5 y 8 años, destaca aún más la relevancia de la misma. A modo de ejemplo, señalar que en la escala WISC-V, última revisión de la escala Wechsler para sujetos de estas edades, dentro del apartado de la validez, en grupos especiales, la muestra de sujetos con alta capacidad intelectual, según datos estadounidenses, es de 95, y según datos españoles, es de 36, entre 6 y 16 años (Wechsler, 2015, pp. 95-97).

## 5.5. Procedimiento

Se llevó a cabo la pasación de las pruebas indicadas a los niños y niñas de forma individual, en un despacho adecuadamente habilitado para ello y por un profesional ampliamente cualificado y con elevada experiencia.

Todos ellos fueron evaluados a través de dos medidas clínicas de la inteligencia en el ámbito psicométrico, el Test de Stanford-Binet Forma L-M y las Escalas Wechsler, según la edad cronológica del menor en el momento de la valoración. En las Escalas Wechsler se pasaron todos los subtests (principales y optativos).

Igualmente, todos los sujetos de la muestra fueron valorados a través del Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C.

La corrección de las pruebas se llevó a cabo por dos profesionales independientes y con elevada experiencia, con el fin de alcanzar el mayor grado de objetividad. Los datos obtenidos en las pruebas aplicadas fueron analizados a través del programa estadístico SPSS v.15.

Se llevaron a cabo tres estudios estadísticos diferenciados en función de tipo de datos analizados. En primer lugar, se llevó a cabo un trabajo inicial, denominado Estudio I, en base al análisis de la relación entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoconstructivas del menor y su medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico, en función de variables moduladoras como eran la edad, el género y el nivel de CI obtenido.

Posteriormente, se llevó a cabo un segundo estudio, Estudio II, centrándose sólo en el análisis de la relación entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoconstructivas y la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico con niveles de CI por encima de 130, categoría descriptiva extremo superior (Flanagan y Kaufman, 2006).

Y finalmente, un tercer estudio, Estudio III, observó la relación entre variables atendiendo a la diferenciación muestral de niños y niñas superdotados y no superdotados intelectualmente, en base a la definición de superdotación intelectual

considerada por el Ministerio de Educación y Ciencia en el Test de screening: “Proyecto de Identificación Temprana”, que recoge tres criterios básicos (Benito y Moro, 1997, p. 8 y 9):

- Criterio a: Un funcionamiento intelectual significativamente superior a la media (CI superior a 130).
- Criterio b: La superdotación intelectual va asociada a una mayor madurez en los procesamientos de información (memoria visual y percepción visual), desarrollo de la capacidad metacognitiva precoz (aproximadamente desde los 6 años), *insight* en resolución de problemas (funciones ejecutivas), alta motivación para el aprendizaje, creatividad, precocidad y talento.
- Criterio c: La superdotación intelectual debe manifestarse durante la etapa de desarrollo, lo que implica que se manifieste desde la concepción hasta los 18 años.

Acorde a los resultados hallados, se plantearon las conclusiones finales del presente trabajo, así como las implicaciones de ello a nivel práctico y futuras líneas de investigación.

## **5.6. Estudios**

### **5.6.1. Estudio I**

#### **5.6.1.1. Objetivos e Hipótesis**

El primer estudio persigue alcanzar los siguientes objetivos:

- Objetivo 1: Verificar la relación observada en anteriores estudios entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoespaciales y la medida clínica de la inteligencia del niño en el ámbito psicométrico, en base a la madurez neurológica comprendida en el marco cronológico de los 5 a los 8 años.

- Objetivo 2: Observar si dicha relación varía en función de la variable nivel intelectual.
- Objetivo 3: Observar si dicha relación varía en función de la variable género.
- Objetivo 4: Observar si dicha relación varía en función de la variable edad.
- Objetivo 5: Observar las diferencias de relación en función de la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico.

Las hipótesis de trabajo planteadas son:

- Hipótesis 1: Existe una relación significativa entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual (EEMV) en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental (EM) en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente (EE) en la escala Wechsler en niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica.
- Hipótesis 2: La relación entre las variables de EEMV en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la EM en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la EE en la escala Wechsler, en sujetos de entre 5 y 8 años, es estadísticamente diferente en función de la variable nivel de inteligencia (CI).
- Hipótesis 3: La relación entre las variables de EEMV en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la EM en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la EE en la escala Wechsler, en sujetos de entre 5 y 8 años, es estadísticamente diferente en función de la variable género.

- Hipótesis 4: La relación entre las variables de EEMV en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la EM en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la EE en la escala Wechsler es estadísticamente diferente en función de la variable edad en el marco de edad cronológica considerado (5-8 años).
- Hipótesis 5: La relación entre las variables de EEMV en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la EM en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la EE en la escala Wechsler, en sujetos entre 5 y 8 años, es estadísticamente diferente en función de la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico empleada.

#### 5.6.1.2. Muestra

Se seleccionó la muestra total, **121 niños y niñas**, con una edad media de 7 años y 4 meses y un CI medio de 131 en el Test de Stanford-Binet Forma L-M y de 128 en la Escala Wechsler, que fue dividida atendiendo a los siguientes criterios:

En primer lugar, se atendió al criterio de la escala de medida psicométrica de la inteligencia aplicada: escala Wechsler y test de Stanford-Binet Forma L-M, teniendo en cuenta que a todos los sujetos se les habían sido aplicadas ambas pruebas.

En segundo lugar, se consideró el nivel de inteligencia, acorde a la distribución señalada por Flanagan y Kaufman (2006), diferenciándose los grupos en base al criterio, a nivel psicométrico: categoría promedio (CI entre 85 y 115), categoría promedio alto (CI entre 116 y 129) y categoría extremo superior (CI de 130 y superior), tanto en una prueba como en otra (ver tabla 2). No se consideraron grupos con un CI inferior a 85 (categorías promedio bajo y extremo inferior) por observarse sólo un caso de un niño que había obtenido un CI de 74 en el Stanford-Binet Forma L-M.

En tercer lugar, en función del género: 82 varones y 39 mujeres.

Y finalmente, en función de la edad: etapa de educación infantil (5-6 años), con un total de 40 sujetos, y etapa de educación primaria (7-8 años), con un total de 81 sujetos.

La descripción de la muestra, atendiendo a las variables de la escala de medida psicométrica de la inteligencia empleada, nivel de CI, género y edad cronológica, quedó de la siguiente forma:

**Tabla 3: Descripción de la muestra en el estudio I, según nivel de CI, género y edad cronológica.**

	EDAD Años	NIVEL DE CI 85-115 categoría promedio		NIVEL DE CI 116-129 categoría promedio-alto		NIVEL DE CI 130 y superior categoría extremo superior		TOTAL
		WECHSLER	SBL-M	WECHSLER	SBL-M	WECHSLER	SBL-M	
VARONES	5-6	2	2	11	4	16	23	29
	7-8	10	16	21	15	22	22	53
MUJERES	5-6	1	0	3	1	8	10	11
	7-8	5	7	9	9	13	12	28
TOTAL	5-6	3	2	14	5	24	33	40
	7-8	15	23	30	24	35	34	81

La diferencia del número de sujetos en los diferentes niveles de inteligencia se debió en gran medida a las características del Centro Huerta del Rey, centro de identificación, seguimiento, formación e investigación en el campo de la superdotación y el talento.

### 5.6.1.3. Resultados

Empleando el programa estadístico SPSS v.15, se estudió la correlación entre las variables objeto de estudio (EEMV y EM en el SBL-M y EE en la escala Wechsler) en primer lugar en base a los niveles de CI obtenido por el menor en la escala Wechsler, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI menor a 116** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,632(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,005</b>
	<b>N</b>	<b>18</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,012
	Sig. (bilateral)	,964
	N	18
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,348
	Sig. (bilateral)	,157
	N	18

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 5:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** de la muestra con un **CI menor de 116** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,629(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,028</b>
	<b>N</b>	<b>12</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,110
	Sig. (bilateral)	,734
	N	12
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,280
	Sig. (bilateral)	,378
	N	12

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 6:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** de la muestra con un **CI menor de 116 en la escala Wechsler**.

		Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,735
	Sig. (bilateral)	,096
	N	6
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,091
	Sig. (bilateral)	,864
	N	6
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,455
	Sig. (bilateral)	,365
	N	6

**Tabla 7:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,444(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>44</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,082
	Sig. (bilateral)	,597
	N	44
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,509(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>44</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 8:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** de la muestra con un **CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,542(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,001</b>
	<b>N</b>	<b>32</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,255
	Sig. (bilateral)	,158
	N	32
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,514(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>32</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 9:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** de la muestra con un **CI entre 116 y 129 en la escala Wechsler**.

		Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	-,189
	Sig. (bilateral)	,556
	N	12
<b>Stanford-Binet CI</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,781(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>12</b>
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,525
	Sig. (bilateral)	,080
	N	12

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 10:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos con **5-6 años** con un **CI entre 116 y 129** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,902(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,036</b>
	<b>N</b>	<b>5</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,402
	Sig. (bilateral)	,502
	N	5
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,908(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,033</b>
	<b>N</b>	<b>5</b>

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 11:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos con **7-8 años** con un **CI entre 116 y 129** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,414(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,009</b>
	<b>N</b>	<b>39</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,019
	Sig. (bilateral)	,908
	N	39
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,452(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,004</b>
	<b>N</b>	<b>39</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 12:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o mayor de 130** en la escala Wechsler.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,462(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>59</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,123
	Sig. (bilateral)	,354
	N	59
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,581(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>59</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 13:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** con un **CI igual o mayor de 130** en la escala Wechsler.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,466(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>38</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,290
	Sig. (bilateral)	,078
	N	38
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,626(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>38</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 14:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** con un **CI igual o mayor de 130** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,453(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,039</b>
	<b>N</b>	<b>21</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,272
	Sig. (bilateral)	,232
	N	21
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,483(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,026</b>
	<b>N</b>	<b>21</b>

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 15:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos con **5-6 años** con un **CI igual o mayor de 130** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,416
	Sig. (bilateral)	,204
	N	11
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,191
	Sig. (bilateral)	,574
	N	11
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,158
	Sig. (bilateral)	,642
	N	11

**Tabla 16:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos **con 7-8 años** con un **CI igual o mayor de 130** en la escala **Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,284</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,050</b>
	<b>N</b>	<b>48</b>
<b>Stanford-Binet CI</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,292(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,044</b>
	<b>N</b>	<b>48</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,493(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>48</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Las correlaciones entre las variables objeto de estudio (EEMV y EM en el SBL-M y EE en la escala Wechsler) en base al CI obtenido por el menor en el Test de Stanford-Binet Forma L-M fueron las siguientes:

**Tabla 17:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI menor a 116** en el **SBL-M**.

		Benton (años)
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,160</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,446</b>
	<b>N</b>	<b>25</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,381</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,061</b>
	<b>N</b>	<b>25</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,318</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,121</b>
	<b>N</b>	<b>25</b>

**Tabla 18:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **varones** con un **CI menor a 116 en el SBL-M**.

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,350
	Sig. (bilateral)	,154
	N	18
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,491(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,039</b>
	<b>N</b>	<b>18</b>
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,304
	Sig. (bilateral)	,220
	N	18

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 19:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **mujeres** con un **CI menor a 116 en el SBL-M**.

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	-,223
	Sig. (bilateral)	,631
	N	7
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,167
	Sig. (bilateral)	,721
	N	7
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,402
	Sig. (bilateral)	,372
	N	7

**Tabla 20:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI entre 116 y 129 en el SBL-M**.

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	-,003
	Sig. (bilateral)	,989
	N	29
<b>EM CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,411(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,027</b>
	<b>N</b>	<b>29</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,572(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,001</b>
	<b>N</b>	<b>29</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 21:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **varones** con **CI entre 116 y 129 en el SBL-M**.

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	-,208
	Sig. (bilateral)	,392
	N	19
EM CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,246
	Sig. (bilateral)	,309
	N	19
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,456(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,050</b>
	<b>N</b>	<b>19</b>

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 22:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **mujeres con CI entre 116 y 129 en el SBL-M.**

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,574
	Sig. (bilateral)	,083
	N	10
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,733(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,016</b>
	<b>N</b>	<b>10</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,813(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,004</b>
	<b>N</b>	<b>10</b>

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 23:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **sujetos con 7-8 años con un CI entre 116 y 129 en el SBL-M.**

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,021
	Sig. (bilateral)	,917
	N	28
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,384(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,044</b>
	<b>N</b>	<b>28</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,560(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,002</b>
	<b>N</b>	<b>28</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 24:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o mayor de 130** en el **SBL-M**.

		Benton (años)
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,263(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,032</b>
	<b>N</b>	<b>67</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,546(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>67</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,597(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>67</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 25:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **varones** con un **CI igual o mayor de 130** en el **SBL-M**.

		Benton (años)
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,340(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,022</b>
	<b>N</b>	<b>45</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,600(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>45</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,649(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>45</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 26:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **mujeres** con un **CI igual o mayor de 130 en el SBL-M**.

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,057
	Sig. (bilateral)	,800
	N	22
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,408
	Sig. (bilateral)	,059
	N	22
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,463(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,030</b>
	<b>N</b>	<b>22</b>

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 27:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **sujetos con 5-6 años** con un **CI igual o mayor de 130 en el SBL-M**

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,010
	Sig. (bilateral)	,971
	N	15
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,676(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,006</b>
	<b>N</b>	<b>15</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,514(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,050</b>
	<b>N</b>	<b>15</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 28:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en sujetos **con 7-8 años con un CI igual o mayor de 130 en el SBL-M**

		Benton (años)
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,215
	Sig. (bilateral)	,125
	N	52
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,404(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>52</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,497(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>52</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

#### 5.6.1.4. Discusión de los resultados

De los resultados obtenidos puede observarse, en primer lugar, en referencia a la medida de la inteligencia, que en todos los sujetos que obtuvieron un CI en el intervalo de 85 a 115 (categoría promedio), sin distinción de género e independientemente del test de inteligencia empleado, no se observa correlación significativa entre las variables Edad Equivalente de Memoria Visual y Edad Mental en el test de Stanford-Binet.

Sin embargo, sí se observó correlación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad mental Equivalente en la escala Wechsler, pero sólo en el caso de los varones con índices que oscilaron entre .49 y .6 (ver tablas 5, 6, 18 y 19).

Este resultado no deja de ser llamativo, dada la elevada correlación existente entre las pruebas de la escala Wechsler y el SBL-M en estos niveles de inteligencia, según se dedujo de la investigación llevada a cabo por Benito et al., 2009; resultado similar al hallado en la comparación del SBL-M con otras versiones de la escala Wechsler (Flanagan y Kaufman, 2006).

En segundo lugar, cuando el CI del sujeto estaba comprendido entre 116 y 129, en cualquiera de los dos tests de inteligencia empleados, se observaron correlaciones similares, de entre .40 y .50, entre la Edad Equivalente de Memoria Visual con la Edad Mental del SBL-M y la Edad Equivalente de la escala Wechsler, en todos los niños y niñas, independientemente del género y la edad (ver tablas 7 y 20). Los índices más elevados de correlación se obtuvieron en el test de SBL-M.

Si bien, analizando dicha relación entre variables en función del género, se obtuvo una correlación más alta en el caso de las mujeres alcanzando valores muy elevados (de entre .70 y .80) en el caso de la Edad Mental del SBL-M (ver tablas 9 y 22), que podrían ser inicialmente atribuidos al hecho de diferencias en la edad cronológica media a favor de las mujeres (edad media de las mujeres con CI 116-129 en SBL-M= 96.4 meses; edad media de los varones con CI 116-129 en SBL-M= 89.79 meses), dado que el nivel medio de CI por género era muy similar (CI medio de las mujeres con CI 116-129 en SBL-M= 121.7; CI medio de los varones con CI 116-129 en SBL-M= 122.8). Respecto a la Edad Equivalente de la escala Wechsler, la correlación entre las variables objeto de estudio no era significativa en el caso de las mujeres.

En cuanto a la variable edad, en el intervalo de CI comprendido entre 116 y 129, las correlaciones son mucho más elevadas en el grupo de menor edad, 5-6 años (.90) frente al grupo más mayor, 7-8 años (.40) en base al CI obtenido en la escala Wechsler (ver tablas 10 y 11).

Finalmente, cuando el CI del sujeto era de 130 o superior, en cualquiera de los dos test de inteligencia empleados, de nuevo se observó correlación (de entre .46 y .59) entre la Edad Equivalente de Memoria Visual con la Edad Mental del SBL-M y la Edad Equivalente de la escala Wechsler, en todos los niños y niñas, independientemente del género y la edad (ver tablas 12 y 24). De nuevo, los índices más elevados de asociación se obtuvieron con el SBL-M.

En cuanto al género, en el caso del CI igual o superior a 130, la correlación obtenida con la Edad Mental del SBL-M es más elevada para los varones (valores alrededor de .60), que para las mujeres (valores alrededor de .46). Esta diferencia a

favor del género masculino se observó también en relación a la Edad Equivalente de la escala Wechsler (ver tablas 13, 14, 25 y 26).

Y atendiendo a la edad cronológica, de nuevo las correlaciones más elevadas se observan en el grupo de menor edad, de 5-6 años, con valores de entre .50 y .67, frente al grupo más mayor, de 7-8 años, con valores alrededor de .40, pero sólo en el caso de la Edad Mental del SBL-M. En relación a la variable Edad Equivalente de la escala Wechsler no se obtuvo correlación significativa en el grupo de 5-6 años, y en el caso del grupo 7-8 años los índices obtenidos fueron muy similares a los señalados (ver tablas 15, 16, 27 y 28).

#### **5.6.1.5. Conclusiones**

Se confirma la Hipótesis 1 al observar que existe una relación significativa, según se ha podido comprobar en las puntuaciones reflejadas en las tablas correspondientes, entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el Test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la Escala Wechsler en niños y niñas, de entre 5 y 8 años de edad cronológica. Este resultado indica que existe relación entre las variables neuropsicológicas de memoria visual y habilidades visuoespaciales con la medida psicométrica de la inteligencia en el marco de edad estudiado, esto es, entre 5 y 8 años.

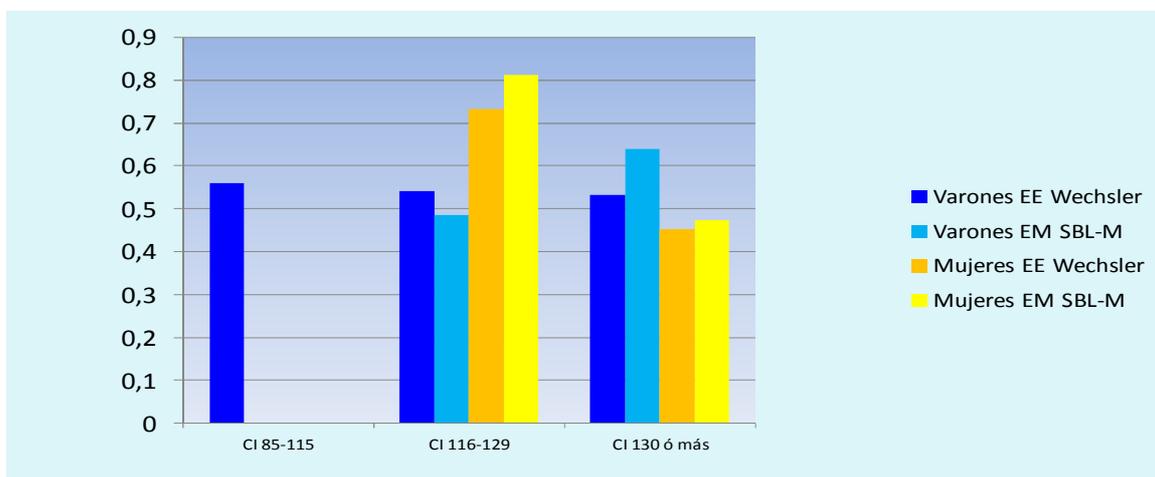
Sin embargo, es llamativo que en el intervalo de CI entre 85 y 115 sólo existe correlación significativa entre dichas variables, según los datos obtenidos, cuando se ha empleado la escala Wechsler en el caso de los varones, pese a la elevada correlación existente entre la escala Wechsler y el SBL-M a estos niveles de CI (.823) (Benito et al., 2009). Esto podría deberse al hecho de que la edad mayoritaria de los sujetos con CI entre 85 y 115 corresponde al grupo de 7-8 años (ver Tabla 3), lo que explica que sus resultados en el test de Benton sean los esperables tal y como señala el manual al respecto: “los datos de tipificación indican que en el caso de niños normales con inteligencia media sólo el 4% logran ejecuciones defectuosas” (Benton, 1986, p. 39).

Se confirma la Hipótesis 2 dado que dicha relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y Edad

Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler, en niños y niñas entre 5 y 8 años, es estadísticamente diferente en función del CI, encontrando que el nivel de correlación entre variables es mayor a medida que aumenta el CI del sujeto.

Este hallazgo es muy importante dado que pone de manifiesto la estrecha relación entre la inteligencia y su ubicación cerebral a través de redes neurológicas que implican diferentes regiones, con la conexión de zonas frontales, parietales y occipitales, clave en las interacciones entre funciones visuales y ejecutivas en este tipo de tareas (Astle et al., 2014; Barton y Venditti, 2013; Olesen et al., 2003; Voineskos et al., 2012). Señalar, además, que estos resultados respaldan estudios previos que ponían de manifiesto cómo en el caso de las inteligencias más elevadas se observaban capacidades mejoradas en el área de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas (Begré et al., 2007, 2009; Benito, 1990; Lee et al., 2006).

Se confirma la Hipótesis 3 en cuanto a que la correlación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental del SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler, en niños y niñas entre 5 y 8 años, difiere en función del género, en concordancia con estudios anteriores (Thompson y Gander, 2011; Vlachos et al., 2003).



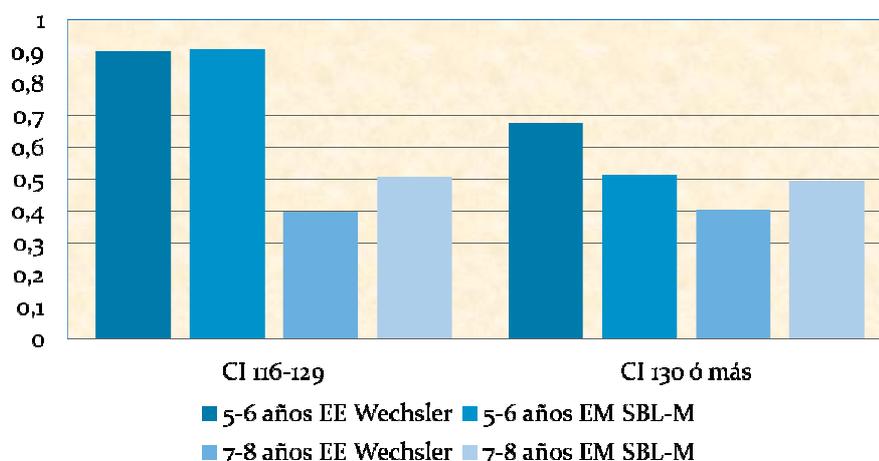
**Gráfica 1:** Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función del género, a distintos niveles de CI.

Así, se observa que el grado de correlación con la Edad Equivalente de la escala Wechsler es similar para los varones en los tres intervalos de CI considerados, pero la

asociación con la Edad Mental del SBL-M sólo aparece significativa en los intervalos de CI por encima de 116, incrementándose a medida que aumenta el CI.

En el caso de las niñas, se observa correlación significativa entre variables cuando el CI es igual o superior a 116, siendo en el intervalo de CI comprendido entre 116 y 129 los valores llamativamente más altos tanto con la Edad Equivalente del Wechsler como con la Edad Mental del SBL-M que para los varones. Esta diferencia podría explicarse en base a la mayor edad cronológica media de las niñas en este grupo (edad media de las mujeres con CI 116-129 en SBL-M= 96.4 meses; edad media de los varones con CI 116-129 en SBL-M= 89.79 meses), enlazando con el hallazgo de proporciones más altas de mielina en niñas a partir de los 6 años en determinadas estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual como es el caso del hipocampo (Benes et al., 1994) y asociado a posibles factores hormonales (Little, 2013; Otero et al., 2009; Torres et al., 2006).

Igualmente, se confirma la Hipótesis 4 en cuanto a que la relación entre las variables objeto de estudio es diferente en función de la edad cronológica, en el marco de edad comprendido entre los 5 y 8 años, encontrando una correlación más elevada entre los sujetos de menor edad, 5-6 años, frente al grupo más mayor, 7-8 años, con la Edad Mental del SBL-M cuando el CI es igual o superior a 116. Cuando el CI estaba comprendido entre 85 y 115 no pudo realizarse el análisis debido a la escasa muestra de sujetos de 5-6 años en este intervalo (ver tabla 3).



**Gráfica 2:** Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función de la edad, a distintos niveles de CI.

Una posible explicación a este hecho podría ser, como ya adelantaron Alloway et al. (2000), que a estas edades (alrededor de los 6 años) la unión entre el constructo visuoespacial y el constructo de procesamiento general es mayor, lo que quiere decir que los sujetos retienen materiales visuales únicamente confiando en códigos visuales. Hay que tener en cuenta que los dibujos del Test de Benton no pueden ser recodificados verbalmente (no se trata de dibujar una “casa” o un “reloj”, por ejemplo) por lo que el niño tiene que asentarse únicamente en códigos visuales para su memorización.

También este hallazgo puede encontrarse en la base de que las relaciones entre la capacidad cognitiva y el volumen cerebral, así como las relaciones entre las habilidades cognitivas y motoras ya se encuentran establecidas alrededor de los 6 años, independientemente del género, tal y como indicaron Pangelinan et al. (2011). Esto, junto al hecho de que es conocido que los CI cambian a lo largo del curso del desarrollo, en especial desde el nacimiento y hasta los cinco años de edad (Sattler, 2010), nos llevaría a defender que puede considerarse que la inteligencia ya está establecida en torno a la edad de 5-6 años, por lo que a esta edad el CI del sujeto puede ser determinado con relativa fiabilidad.

De hecho, el diagnóstico de la discapacidad intelectual se puede realizar a partir de los 5 años de edad cronológica (American Psychiatric Association, 2015) y el diagnóstico de la superdotación intelectual igualmente se realiza a edades tempranas, siendo el mejor período para el diagnóstico el comprendido “entre los 4 y los 8 años” (Benito, 1999, pp. 20).

Según el manual DSM-V (APA, 2015, p. 37-38),

Las características principales de la discapacidad intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) son las deficiencias de las capacidades mentales generales (criterio A) y las que afectan al funcionamiento adaptativo cotidiano, en comparación con los sujetos de igual edad, género y nivel sociocultural (criterio B). El inicio se produce durante el período del desarrollo (criterio C). El diagnóstico de discapacidad intelectual se basa tanto en la evaluación clínica como en las pruebas estandarizadas de las funciones intelectuales y adaptativas...

El funcionamiento intelectual de forma habitual se mide con pruebas de inteligencia administradas individualmente que son psicométricamente válidas, completas y apropiadas cultural y psicométricamente. Los individuos con discapacidad intelectual tienen puntuaciones aproximadamente de dos desviaciones estándar o más por debajo de la media poblacional... en las pruebas con una desviación estándar de 15 y una media de 100, esto supone una puntuación de 65-70...

El inicio de la discapacidad intelectual se produce durante el período del desarrollo. Después de la primera infancia, el trastorno generalmente es para toda la vida, aunque los niveles de gravedad pueden cambiar con el tiempo.

Diversos autores han puesto de manifiesto, además, la estabilidad del CI a lo largo del tiempo a través de su medida en diferentes momentos de la vida de un sujeto, encontrando elevadas correlaciones entre las mismas (Deary et al. 2000; Waber et al., 2012). Sin embargo, no falta también quien ha abogado por las fluctuaciones del CI a lo largo del desarrollo evolutivo en función de cambios cerebrales, sobre todo en períodos claves ya vistos como es el caso de la adolescencia (Ramsden et al., 2011) o la vejez (Deary et al., 2012). Pese a estos hallazgos, se ha visto que las variaciones que se producen tienen más que ver con cambios en el CIV y/o CIM, ya que la capacidad cognitiva general, también denominada “factor g”, sigue permaneciendo relativamente constante a lo largo de la edad con elevadas correlaciones entre las medidas de CIT tomadas en distintos intervalos temporales ya señaladas.

Por último, se confirma la Hipótesis 5 afirmando que el nivel de correlación de la Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, generalmente es más alto con la Edad Mental del SBL-M que con la Edad Equivalente de la escala Wechsler, en niños y niñas entre 5 y 8 años, lo que parece señalar que el SBL-M mide adecuadamente el constructo de inteligencia general “g” definido por Galton como factor global de inteligencia y de mayor heredabilidad, implicado en toda

actividad mental, en este caso en tareas de memoria visual y habilidades visuoconstructivas, cuya edad equivalente está ligada al desarrollo neurológico cerebral.

Así pues, en resumen, los resultados obtenidos en este primer estudio permiten afirmar que existe una relación significativa entre la memoria visual y habilidades visuoconstructivas con el nivel de inteligencia de niños y niñas entre 5 y 8 años de edad cronológica, medido éste a través del indicador psicométrico del CI; relación que va aumentando en la medida que se incrementa el nivel de CI del menor.

Este hallazgo es relevante al aportar una evidencia empírica de la importancia de la implicación también de regiones occipitales en el desarrollo neurológico de la inteligencia humana y reafirmando estudios previos que ponían de manifiesto cómo en el caso de las inteligencias más elevadas se observaban capacidades mejoradas en el área de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas (Benito, 1990; Lee et al., 2006; Begré et al., 2007, 2009).

En el estudio detallado de dicha relación entre la memoria visual y habilidades visuoconstructivas y el nivel de CI en función del género, en sujetos de entre 5 y 8 años, se ha observado rendimientos diferenciados en concordancia con estudios previos (Thompson y Gander, 2011; Vlachos et al., 2003), indicando que no siempre los varones alcanzan valores más altos, ya que en ocasiones las niñas, a niveles similares de CI, obtenían indicadores más altos de asociación que podrían apuntar a evidencias empíricas de las ideas ya aportadas por otros autores en relación a la presencia de proporciones más altas de mielina en niñas a partir de los 6 años en determinadas estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual como es el caso del hipocampo (Benes et al., 1994) y asociado a posibles factores hormonales (Little, 2013; Otero et al., 2009; Torres et al., 2006).

En cuanto a la edad, en el marco de los 5 a los 8 años, se han obtenido mayor grado de asociación entre la memoria visual y habilidades visuoconstructivas con el nivel de CI, en el caso del SBL-M, en los niños y niñas de menor edad cronológica, apuntando al conocimiento de que a estas edades (alrededor de los 6 años) la unión entre el constructo visuoespacial y el constructo de procesamiento general es mayor

(Alloway et al., 2000) y las relaciones entre las habilidades cognitivas y motoras ya se encuentran establecidas (Pangelinan et al., 2011).

Finalmente indicar que el nivel de asociación entre las variables objeto de estudio ha sido casi siempre mayor en el caso del test de Stanford-Binet, frente a la escala Wechsler, pese a la elevada correlación entre ambas pruebas (Benito et al., 2009; Flanagan y Kaufman, 2006), lo que parece señalar que el SBL-M mide más adecuadamente el constructo de inteligencia general “g” definido por Galton y asociado, en este caso, a tareas de memoria visual y habilidades visuoespaciales, cuya edad equivalente está ligada al desarrollo neurológico cerebral.

### **5.6.2. Estudio II**

En base a las conclusiones del estudio I en relación al nivel de CI, género y edad, en este segundo estudio se pretende ver, de forma más pormenorizada, la medida en que aumenta la correlación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler a niveles de CI por encima de 130, categoría extremo superior (Flanagan y Kaufman, 2006), en sujetos menores de 8 años, tanto en varones como en mujeres. El hecho de centrar el estudio sólo en el grupo de los menores de 8 años es debido a los resultados previos que señalaban mayores niveles de correlación cuanto menor era la edad cronológica del sujeto.

#### **5.6.2.1. Objetivos e Hipótesis**

El estudio 2 persigue alcanzar los siguientes objetivos:

- Objetivo 1: Observar la relación existente entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoespaciales y la edad mental del sujeto menor de 8 años, cuando el CI es igual o superior a 130 (categoría extremo superior, Flanagan y Kaufman, 2006).

- Objetivo 2: Observar si dicha relación varía en función de las variables género y/o nivel de CI.
- Objetivo 3: Observar si dicha relación varía en función de la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico empleada.

Las hipótesis de trabajo planteadas son:

- Hipótesis 1: La relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la escala Wechsler es estadísticamente diferente en función del nivel de CI igual o superior a 130 (categoría extremo superior, Flanagan y Kaufman, 2006) en sujetos menores de 8 años.
- Hipótesis 2: La relación entre la variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la escala Wechsler es estadísticamente diferente, en sujetos menores de 8 años, en función de la variable género a niveles de CI por encima de 130.
- Hipótesis 3: La relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la escala Wechsler es estadísticamente diferente en sujetos menores de 8 años con CI por encima de 130 en función de la medida clínica de la inteligencia en el ámbito psicométrico empleada.

#### **5.6.2.2. Muestra**

De la muestra total inicial de 121 sujetos, se seleccionó la muestra de estudio formada únicamente por los niños y niñas que cumplieran dos criterios básicos: por un lado, una edad cronológica inferior a 8 años y, por otro, un CI psicométrico igual o superior a 130 en cualquiera de los dos tests de inteligencia aplicados.

La muestra final obtenida total fue de 41 sujetos, menores de 8 años, con un CI igual o mayor a 130 en la escala Wechsler (26 varones, edad media 6 años y 6 meses, CI medio 138 y 15 mujeres, edad media 6 años y 9 meses, CI medio 136), y 51 sujetos, menores de 8 años, con un CI igual o superior a 130 en el Stanford-Binet Forma L-M (33 varones, edad media 6 años y 4 meses, CI medio 145 y 18 mujeres, edad media 6 años y 7 meses, CI medio 144). Hay que señalar que dado que un mismo sujeto realizaba ambas pruebas, podía darse el caso de que el mismo menor hubiera puntuado por encima de 130 en una sola o en las dos pruebas, siendo sólo 37 los niños y niñas que puntuaron por encima de CI en ambas pruebas.

La muestra se subdividió de nuevo en diferentes submuestras para un análisis de los datos más específico:

- En primer lugar, se atendió al criterio de la escala de medida psicométrica de la inteligencia aplicada: escala Wechsler y test de Stanford-Binet Forma L-M.
- En segundo lugar, se tuvo en cuenta la variable género (varones y mujeres).
- En tercer lugar, se consideró el nivel de inteligencia, diferenciando dos niveles (Benito, 2009): CI igual o mayor a 130 y, dentro de este mismo grupo, se estableció un subgrupo de sujetos con CI igual o mayor a 145.

El grupo de sujetos con CI igual o mayor de 145 estaba formado por 19 menores que habían obtenido un CI igual o superior a 145 en el SBL-M (13 varones, edad media 6.5 años, CI medio 158; y 6 mujeres, edad media 6 años, CI medio 157), y 5 menores con un CI igual o superior a 145 en la escala Wechsler (4 varones, edad media 7 años, CI medio 147; y 1 mujer, edad 6 años 3 meses, CI 146). El nivel más alto de CI obtenido en la escala Wechsler fue de 149 y en el SBL-M de 190, ambos obtenidos por el mismo niño de 7 años de edad cronológica.

No se produjo efecto techo en ninguna de las dos pruebas, puesto que la puntuación más alta posible a alcanzar en el WIS-IV es de 160 y en el SBL-M no existe techo para este intervalo de edad. El CI en el SBL-M más alto encontrado en el Centro Huerta del Rey para un niño de 7 años ha sido de 199 (Benito, 1999).

La diferencia del número de sujetos en uno u otro nivel de inteligencia es debido a la capacidad más alta del test de Stanford-Binet Forma L-M para discriminar la inteligencia a los niveles más elevados (Silverman y Keartney, 1989; Benito, 1992; Gilman y Revel, 1999).

La descripción de la muestra, atendiendo a las variables de la escala de medida psicométrica de la inteligencia empleada, nivel de CI y género, quedó de la siguiente forma:

**Tabla 29: Descripción de la muestra en el estudio II, según nivel de CI y género.**

	NIVEL DE CI =>130		NIVEL DE CI =>145	
	WECHSLER	SBL-M	WECHSLER	SBL-M
VARONES	26	33	4	13
MUJERES	15	18	1	6
TOTAL	41	51	5	19

### 5.6.2.3. Resultados

Empleando el programa estadístico SPSS v.15, se estudió la correlación entre las variables objeto de estudio (Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y Edad Mental en el SBL-M y Edad Equivalente en la escala Wechsler) en primer lugar en base a los niveles de CI logrados por el menor en la escala Wechsler, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 30:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIxEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,561(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>41</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,557(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>41</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,077
	Sig. (bilateral)	,633
	N	41
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,612(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>41</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 31:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** con un **CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler**.

		Benton (años)
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIxEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,553(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>26</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,555(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>26</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,286
	Sig. (bilateral)	,156
	N	26
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,683(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>26</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 32:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** con un **CI igual o superior a 130 en la Escala Wechsler**.

		Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIxEC/100	Correlación de Pearson	,585(*)
	Sig. (bilateral)	,022
	N	15
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,565(*)
	Sig. (bilateral)	,028
	N	15
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,463
	Sig. (bilateral)	,082
	N	15
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,413
	Sig. (bilateral)	,126
	N	15

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 33:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o superior a 145 en la Escala Wechsler**.

		Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIxEC/100	Correlación de Pearson	,380
	Sig. (bilateral)	,528
	N	5
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson	,401
	Sig. (bilateral)	,503
	N	5
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,729
	Sig. (bilateral)	,162
	N	5
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson	,824
	Sig. (bilateral)	,086
	N	5

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 34:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** con un **CI igual o superior a 145 en la Escala Wechsler**.

			Benton (años)
EM_CIT_Escala Wechsler EM=Ci <sub>x</sub> EC/100	Correlación de Pearson		,523
	Sig. (bilateral)		,477
	N		4
EM_CIT_Escala Wechsler (meses)	Correlación de Pearson		,545
	Sig. (bilateral)		,455
	N		4
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson		,787
	Sig. (bilateral)		,213
	N		4
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>		<b>,995(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<b>,005</b>
	<b>N</b>		<b>4</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Las correlaciones entre las variables objeto de estudio (EEMV y EM en el SBL-M y EE en la escala Wechsler) en base al CI obtenido por el menor en el Test de Stanford-Binet Forma L-M fueron las siguientes:

**Tabla 35:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o superior a 130** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,582(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,342(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,014</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIXEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,635(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,628(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>
<b>Stanford-Binet CI</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,041</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,775</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,623(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>51</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 36:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** con un **CI igual o superior a 130** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N</b>	<b>,502(*) ,034 18</b>
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,160 ,526 18
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIXEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N</b>	<b>,561(*) ,015 18</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N</b>	<b>,542(*) ,020 18</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,392 ,108 18
Stanford-Binet EM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,458 ,056 18

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 37:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** con un **CI igual o superior a 130** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,606(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,411(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,018</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIXEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,655(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,653(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>
<b>Stanford-Binet CI</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,223</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,212</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,677(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>33</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 38:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en **toda la muestra** con un **CI igual o superior a 145** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,756(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>19</b>
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	,413
	Sig. (bilateral)	,079
	N	19
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CixEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,801(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>19</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,797(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>19</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,205
	Sig. (bilateral)	,400
	N	19
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,839(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>19</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 39:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en las **mujeres** con un **CI igual o superior a 145** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,851(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,032</b>
	<b>N</b>	<b>6</b>
CIT_Escala Wechsler	Correlación de Pearson	-,777
	Sig. (bilateral)	,069
	N	6
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIXEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,885(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,019</b>
	<b>N</b>	<b>6</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,894(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,016</b>
	<b>N</b>	<b>6</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	-,595
	Sig. (bilateral)	,213
	N	6
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,855(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,030</b>
	<b>N</b>	<b>6</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 40:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los **varones** con un **CI igual o superior a 145** en el **Stanford-Binet Forma L-M**.

		Benton (años)
<b>Edad cronológica meses</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,752(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,003</b>
	<b>N</b>	<b>13</b>
<b>CIT_Escala Wechsler</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,593(*)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,033</b>
	<b>N</b>	<b>13</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler EM=CIXEC/100</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,797(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,001</b>
	<b>N</b>	<b>13</b>
<b>EM_CIT_Escala Wechsler (meses)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,794(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,001</b>
	<b>N</b>	<b>13</b>
Stanford-Binet CI	Correlación de Pearson	,330
	Sig. (bilateral)	,271
	N	13
<b>Stanford-Binet EM</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	<b>,841(**)</b>
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>,000</b>
	<b>N</b>	<b>13</b>

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

#### 5.6.2.4. Discusión de los resultados

De los resultados obtenidos, puede observarse, en primer lugar, que cuando el CI psicométrico del sujeto menor de 8 años es igual o superior a 130, independientemente de la prueba de medida de la inteligencia aplicada, existe una relación significativa entre la Edad Equivalente de la Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental del SBL-M y Edad Equivalente en la escala Wechsler con unos

coeficientes de correlación que oscilan, de media, entre .55 y .65, siendo más elevada en el caso de la Edad Mental del SBL-M (ver tablas 30 y 35).

En cuanto al género, la correlación es similar en ambos grupos con valores alrededor de .55 con la Edad Equivalente de la escala Wechsler (ver tablas 31 y 32), pero en el caso de la Edad Mental en el SBL-M no se observó correlación significativa en el caso de las mujeres, y en el caso de los varones fue más elevada que la obtenida con la Edad Equivalente de la escala Wechsler (valores por encima de .68) (ver tablas 36 y 37). Este hallazgo no deja de ser llamativo si observamos que en el anterior estudio, con toda la muestra de 121 sujetos con niveles de CI igual o superior a 130, sí se obtuvo correlación significativa en el caso de las mujeres con la Edad Mental del SBL-M, de alrededor de .47 (ver tablas 14 y 26), lo que podría indicar que las diferencias obtenidas se podrían buscar en el factor edad, dado que en este estudio sólo se emplearon mujeres con edades inferiores a 8 años, mientras que en el estudio I la muestra de mujeres incluía el rango de edad desde los 5 a los 8 años.

A niveles más altos de inteligencia, cuando el CI psicométrico del sujeto era igual o superior a 145 en la Escala Wechsler, la correlación entre las variables objeto de estudio sólo aparece significativa con la Edad Mental del SBL-M, en cuyo caso es muy elevada para los varones (.995) (ver tabla 34).

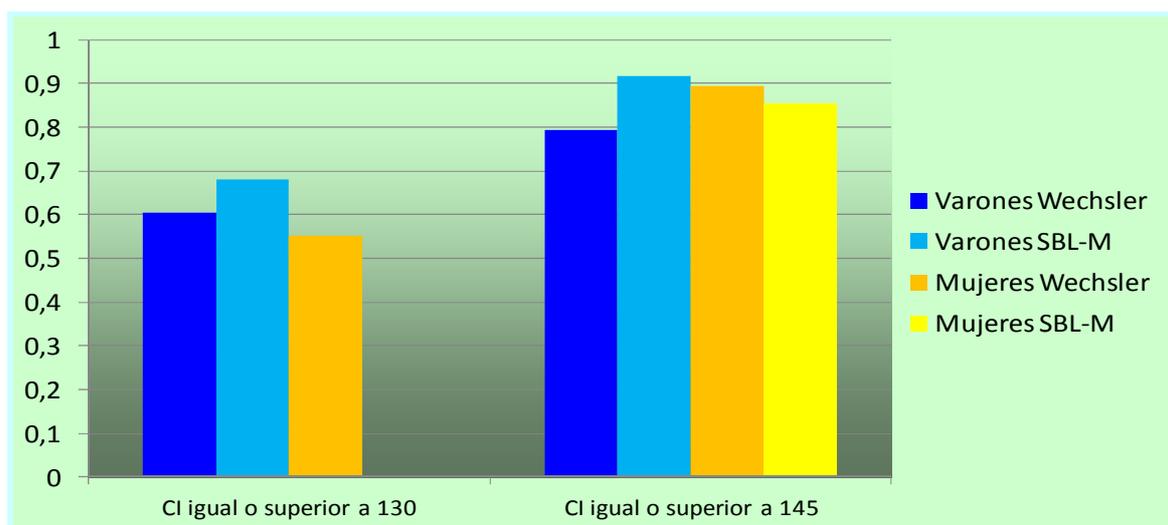
El hecho de que no se haya observado relación significativa con la Edad Equivalente de la escala Wechsler podría deberse a que en estos niveles tan elevados de CI parece ser que ambas pruebas no miden lo mismo, tal y como señala el dato de que la correlación entre el SBL-M y el WISC-IV en niveles de CI por encima de 130 deja ser tan elevada (.408) según Benito et al. (2009).

Sin embargo, en la muestra de sujetos que obtuvieron un CI igual o superior a 145 en el test de Stanford-Binet Forma L-M, se realizó el análisis en función de género dado que la muestra en este grupo era más numerosa: 13 varones y 6 mujeres (ver tabla 29). Así, se apreció una correlación muy elevada y significativa entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Mental y/o Edad Equivalente tanto para los varones (.84 con la Edad Mental y .79 con la Edad Equivalente) como para las mujeres (.85 con la Edad Mental y .89 con la Edad Equivalente) (ver tablas 39 y 40).

### 5.6.2.5. Conclusiones

Se confirma la Hipótesis 1 acerca de la afirmación de que la relación entre las variables Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler, en sujetos menores de 8 años, es significativamente diferente en función del nivel de CI por encima de 130 (categoría descriptiva extremo superior, Flanagan y Kaufman, 2006), aumentando el grado de correlación a medida que se incrementa el nivel de CI. De nuevo se corrobora empíricamente el hecho de que las inteligencias más elevadas presentan mejor rendimiento en memoria visual y habilidades visuoespaciales (Begré et al., 2007, 2009; Benito, 1990; Lee et al., 2006).

Se confirma la Hipótesis 2 de que la relación entre las variables Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler, en sujetos menores de 8 años con CI igual o superior a 130, es diferente en función del género, dado que se ha observado que a estos niveles la correlación con la Edad Equivalente y/o Edad Mental es ligeramente más alta en el caso de los varones, pero a niveles muy altos de CI, igual o superior a 145, tales diferencias desaparecen, equiparándose el rendimiento de las mujeres al de los varones.



**Gráfica 3:** Correlaciones significativas medias entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Equivalente del Wechsler/Edad Mental del SBL-M, en función del género, a niveles de CI igual o superior a 130.

Hay que destacar que los índices de correlación entre las variables objeto de estudio a estos niveles de CI han sido llamativamente muy elevados, con valores por encima de .80 tanto con la Edad Mental del SBL-M como con la Edad Equivalente de la escala Wechsler cuando la muestra empleada ha sido baremada a través del resultado en el SBL-M.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Guerra (2002) en el estudio que llevó a cabo para observar el grado de correlación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Mental en el SBL-M con una muestra de 25 sujetos con un CI medio de 138 y 81.5 meses de edad cronológica, donde obtuvo un índice de correlación de .83 entre la Edad Equivalente de Memoria Visual, evaluada a través del Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental obtenida a través del SBL-M.

Los hallazgos aquí encontrados permiten ofrecer una aportación empírica a las realizadas por autores anteriores acerca de las evidencias, en el ámbito de las neurociencia, que ponen en relación estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual y habilidades visuoconstructivas con niveles de inteligencia superior. Recordar el estudio llevado a cabo por Lee. et al. (2006) donde se observó que la inteligencia más elevada no se explicaba sólo por una mayor activación en la red fronto-parietal sino también por una activación incrementada en la parte posterior del córtex parietal, incluyendo la zona del lóbulo parietal superior y el surco intraparietal, región esta última muy implicada en la memoria visual (Todd y Marois, 2004, 2005; Xu y Chun, 2006).

De igual forma, se confirma a nivel empírico la importancia de la red fronto-parietal, implicada en la inteligencia, ante tareas de memoria visual (Astle et al., 2014; Olesen et al., 2003), y la conexión de las mismas a áreas occipitales a través del fascículo longitudinal superior (Tamura et al., 2003) y la implicación del fascículo occipito-frontal inferior en las habilidades visuoconstructivas, que también conecta el lóbulo frontal con la parte posterior de los lóbulos parietales y temporales, lo que le convierte “en el candidato ideal para mediar las interacciones entre las funciones visuales y ejecutivas” (Voineskos et al., 2012, pp. 29).

Señalar también en este punto, el estudio de Bergmann et al. (2014) que puso de manifiesto que áreas primarias visuales, situadas en regiones occipitales del cerebro, juegan un papel clave en la capacidad de almacenaje de la memoria visual relacionado con medidas de grosor cortical, de forma que sujetos con niveles más elevados de grosor cortical en estas áreas presentan capacidades más altas de almacenaje en la memoria visual, lo cual no deja de ser llamativo si relacionamos este hecho con la cuestión ya vista de cómo el grosor de la corteza cerebral está asociada a diferentes niveles de inteligencia, encontrando también que en las inteligencias más altas se apreciaba mayores incrementos de grosor y de superficie cortical (Burgaleta et al. 2014; Schnack et al., 2014; Shaw et al. 2006).

En relación a los resultados en base a la variable del género, en el marco de edad estudiado, de nuevo una posible explicación podría ser que las niñas con una inteligencia más elevada presentan mayor rendimiento en memoria visual y habilidades visuoespaciales a edad temprana, llegando a equiparar su nivel de ejecución al de los varones, posiblemente explicado en base a factores hormonales y de maduración cerebral ya señalados que apuntaban a proporciones más altas de mielina en las niñas a partir de los 6 años en determinadas estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual como es el caso del hipocampo (Benes et al., 1994; Little, 2013; Otero et al., 2009; Torres et al., 2006).

Por último, se confirma la Hipótesis 3 acerca de la mayor correlación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental del SBL-M, independientemente del CI empleado para baremar las muestras en sujetos menores de 8 años con CI igual o mayor a 130, lo que pone de manifiesto que a estos niveles de CI es más adecuado el uso del SBL-M, tal y como ya señalaron Silverman y Keartney (1989) y Gilman y Revel (1999), y dada la menor correlación que existe entre el SBL-M y el WISC-IV a estos niveles de CI (Benito et al., 2009). Parece que la medida clínica de la inteligencia a través del SBL-M, en el marco de edad estudiado, está más relacionada con las variables neuropsicológicas que subyacen a la memoria visual y las habilidades visuoespaciales y al desarrollo de la inteligencia.

En resumen, los resultados obtenidos de este segundo estudio permiten comprobar empíricamente la existencia de mayor relación entre la memoria visual y habilidades visuoconstructivas con el nivel de inteligencia de sujetos menores de 8 años con un CI igual o superior a 130, cuanto más alto es este último, medido éste a través del indicador psicométrico del CI.

Se han observado asociaciones llamativamente muy elevadas con la Edad Mental del SBL-M, con índices de correlación por encima de .85, y con la Edad Equivalente de la escala Wechsler, con índices alrededor de 0.80, en los casos de las inteligencias más elevadas (CI igual o superior a 145), lo que permite ofrecer evidencias empíricas a los hallazgos neurocientíficos que ponen en relación estructuras cerebrales implicadas en la memoria visual y habilidades visuoconstructivas con niveles de inteligencia superior.

En cuanto al género, en el marco de edad estudiado, se ha podido apreciar que las diferencias en el grado de relación entre las variables objeto de estudio se han ido disipando a medida que incrementaba el nivel de CI, de forma que a niveles de CI muy elevados (por encima de 145) el nivel de rendimiento de las mujeres se equipara al de los varones, lo cual podría tener que ver con factores hormonales y de maduración cerebral ya señalados.

De nuevo, de forma similar a los resultados del anterior estudio, los hallazgos del estudio II acerca de las puntuaciones más altas en el test de Stanford-Binet, frente a la escala Wechsler, parecen señalar que la medida clínica de la inteligencia a través del SBL-M, en niños y niñas menores de 8 años, está más relacionada con la variables neuropsicológicas que subyacen a la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas y al desarrollo de la inteligencia.

### **5.6.3. Estudio III**

Dado que de los estudios anteriores parece deducirse que el nivel de CI se constituye como un elemento clave en el grado de relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler (correlación

significativamente elevada entre estas variables a partir de CI por encima de 130), en menores de entre 5 y 8 años de edad cronológica, se plantea observar la relación entre las variables mencionadas en base al diagnóstico acorde a la definición de superdotación intelectual.

En nuestro país, el uso de la definición considerada por el Ministerio de Educación y Ciencia en el Test de screening: “Proyecto de Identificación Temprana”, recoge tres criterios básicos (Benito y Moro, 1997, p. 8 y 9):

- Criterio a: Un funcionamiento intelectual significativamente superior a la media (CI superior a 130).
- Criterio b: La superdotación intelectual va asociada a una mayor madurez en los procesamientos de información (memoria visual y percepción visual), desarrollo de la capacidad metacognitiva precoz (aproximadamente desde los 6 años), *insight* en resolución de problemas (funciones ejecutivas), alta motivación para el aprendizaje, creatividad, precocidad y talento.
- Criterio c: La superdotación intelectual debe manifestarse durante la etapa de desarrollo, lo que implica que se manifieste desde la concepción hasta los 18 años.

Diversos autores ya habían señalado que la superdotación intelectual aparece ligada a mayor eficacia en el empleo de las redes neuronales relacionadas con la memoria, presentando mayor capacidad para la transmisión de información y empleo de mayor número de estrategias de memoria visual (Benito, 1996; Sastre-Riba, 2008), tras poner de manifiesto, como ya se ha mencionado, que en el caso de las inteligencias más elevadas se observaban capacidades mejoradas en el área de la memoria visual y las habilidades visuoconstructivas (Begré et al., 2007, 2009; Benito, 1990; Lee et al., 2006).

Para comprobar experimentalmente este planteamiento se pretende analizar la relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler en un grupo de sujetos, de entre 5 y 8 años, diagnosticados como superdotados intelectualmente frente a otro grupo de no diagnosticados como tal, en el

mismo marco de edad cronológica, según la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).

### **5.6.3.1. Objetivos e Hipótesis**

El estudio 3 persigue alcanzar el siguiente objetivo:

- Objetivo 1: Observar la relación existente entre el desarrollo de la memoria visual y habilidades visuoespaciales y la capacidad intelectual en el menor, de entre 5 y 8 años, atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).

La hipótesis de trabajo planteada es:

- Hipótesis 1: La relación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la escala Wechsler es estadísticamente diferente en función del diagnóstico, en base a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica.

### **5.6.3.2. Muestra**

Se dividió la muestra inicial total (121 sujetos de entre 5 y 8 años de edad cronológica) en función del criterio diagnóstico de superdotación intelectual en base a su definición (Benito y Moro, 1997), obteniéndose una muestra de 75 sujetos diagnosticados como superdotados intelectualmente (51 varones y 24 mujeres) y una muestra de 46 sujetos que no cumplían el diagnóstico de superdotación intelectual (31 varones y 15 mujeres).

A continuación se describen las características de ambos grupos muestrales:

**Tabla 41: Descripción de la muestra de sujetos diagnosticados como superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).**

		Edad cronológica en meses	Wechsler CIT	Wechsler CIT fórmula	Benton	Stanford Binet CI	Stanford Binet EM
N	Válidos	75	75	75	75	75	75
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		84,17	134,47	113,5399	10,01	142,15	123,13
Error típ. de la media		1,534	,849	2,33219	,237	1,520	2,346
Mediana		84,00	135,00	112,3400	10,00	140,00	124,00
Moda		82	130(a)	85,40	8	141(a)	110(a)
Desv. típ.		13,287	7,349	20,19736	2,050	13,164	20,315
Varianza		176,551	54,009	407,934	4,203	173,289	412,685
Asimetría		-,226	,011	-,091	1,123	1,650	,386
Error típ. de asimetría		,277	,277	,277	,277	,277	,277
Curtosis		-,974	-,446	-,954	,626	3,778	,077
Error típ. de curtosis		,548	,548	,548	,548	,548	,548
Rango		49	32	78,80	7	69	93
Mínimo		58	120	73,20	8	121	88
Máximo		107	152	152,00	15	190	181
Percentiles	25	75,00	129,00	100,0000	8,00	134,00	110,00
	50	84,00	135,00	112,3400	10,00	140,00	124,00
	75	96,00	140,00	130,5600	11,00	147,00	138,00

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

**Tabla 42: Descripción de la muestra de sujetos diagnosticados como no superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).**

		Edad cronológica en meses	Wechsler CIT	Wechsler CIT fórmula	Benton	Stanford Binet CI	Stanford Binet EM
N	Válidos	46	46	46	46	46	46
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		94,91	117,20	111,1900	9,48	113,22	112,26
Mediana		97,00	119,00	111,9300	9,00	114,00	113,00
Moda		100(a)	119	114,24(a)	9	114	118
Desv. típ.		8,485	11,163	14,26627	1,560	11,472	13,244
Varianza		71,992	124,605	203,526	2,433	131,596	175,397
Asimetría		-,562	-,627	-,191	1,971	-1,507	-,598
Error típ. de asimetría		,350	,350	,350	,350	,350	,350
Curtosis		-,945	,505	-,669	4,664	2,591	-,006
Error típ. de curtosis		,688	,688	,688	,688	,688	,688
Rango		28	54	57,87	7	55	58
Mínimo		78	89	79,12	8	74	80
Máximo		106	143	136,99	15	129	138
Percentiles	25	87,00	111,25	100,4625	8,00	108,75	106,00
	50	97,00	119,00	111,9300	9,00	114,00	113,00
	75	102,00	124,50	123,8200	10,00	122,00	122,00

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Así mismo, se presentan las aplicaciones de la prueba de Kolmogorov-Smirnov en ambos grupos muestrales para observar la distribución de los datos.

**Tabla 43: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de sujetos diagnosticados como superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).**

		Edad cronológica en meses	Wechsler CIT	Wechsler CIT fórmula	Benton	Stanford Binet CI	Stanford Binet EM
N		75	75	75	75	75	75
Parámetros normales(a,b)	Media	84,17	134,47	113,5399	10,01	142,15	123,13
	Desviación típica	13,287	7,349	20,19736	2,050	13,164	20,315
Diferencias más extremas	Absoluta	,086	,062	,094	,182	,167	,066
	Positiva	,051	,048	,063	,182	,167	,066
	Negativa	-,086	-,062	-,094	-,163	-,088	-,046
Z de Kolmogorov-Smirnov		,743	,539	,810	1,575	1,451	,575
Sig. asintót. (bilateral)		,640	,933	,527	,014	,030	,895

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

**Tabla 44: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de sujetos diagnosticados como no superdotados atendiendo a la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).**

		Edad cronológica en meses	Wechsler CIT	Wechsler CIT fórmula	Benton	Stanford Binet CI	Stanford Binet EM
N		46	46	46	46	46	46
Parámetros normales(a,b)	Media	94,91	117,20	111,1900	9,48	113,22	112,26
	Desviación típica	8,485	11,163	14,26627	1,560	11,472	13,244
Diferencias más extremas	Absoluta	,163	,137	,098	,260	,153	,128
	Positiva	,107	,101	,054	,260	,111	,090
	Negativa	-,163	-,137	-,098	-,172	-,153	-,128
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,107	,932	,665	1,765	1,040	,867
Sig. asintót. (bilateral)		,172	,350	,768	,004	,229	,439

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

### 5.6.3.3. Resultados

Empleando, una vez más, el programa estadístico SPSS v.15, se estudió la correlación entre las variables objeto de estudio (Edad Equivalente de Memoria Visual

en el TRVB, Administración A Forma C, y Edad Mental en el SBL-M y Edad Equivalente en la escala Wechsler), atendiendo al criterio de la definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997).

Señalar que, en esta ocasión, se optó por emplear el coeficiente de correlación *Rho* de Spearman, más adecuado al observarse los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov en ambos grupos muestrales.

Los resultados obtenidos en el análisis de la relación entre las variables estudiadas fueron los siguientes:

**Tabla 45:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos diagnosticados como **superdotados intelectualmente** atendiendo a la definición (Benito y Moro, 1997).

			Benton
Rho de Spearman	<b>Wechsler CIT</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>,243(*)</b>
		Sig. (bilateral)	,035
		N	75
	<b>Wechsler CIT fórmula</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>,559(**)</b>
		Sig. (bilateral)	,000
		N	75
	Stanford Binet CI	Coeficiente de correlación	,026
		Sig. (bilateral)	,823
		N	75
	<b>Stanford Binet EM</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>,569(**)</b>
		Sig. (bilateral)	,000
		N	75

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 46:** Índices de correlación entre las variables EEMV en el **Benton** y la Edad Mental Equivalente al CIT en la escala de **Wechsler** y la EM en el **SBL-M** en los sujetos diagnosticados como **no superdotados intelectualmente** atendiendo a la definición (Benito y Moro, 1997).

			Benton
Rho de Spearman	Wechsler CIT	Coeficiente de correlación	,040
		Sig. (bilateral)	,794
		N	46
	<b>Wechsler CIT fórmula</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>,320(*)</b>
		Sig. (bilateral)	,030
		N	46
	Stanford Binet CI	Coeficiente de correlación	,001
		Sig. (bilateral)	,996
		N	46
	<b>Stanfor Binet EM</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>,342(*)</b>
		Sig. (bilateral)	,020
		N	46

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

#### 5.6.3.4. Discusión de resultados

De los datos obtenidos puede concluirse que cuando el menor, de entre 5 y 8 años de edad cronológica, no cumple el diagnóstico de superdotado, según definición de superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997), existe una baja correlación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler. El

índice de correlación obtenido con la Edad Equivalente al CIT en la escala Wechsler fue de .320 y con la Edad Mental del SBL-M fue de .342 (ver tabla 46).

En cambio, cuando el sujeto ha sido diagnosticado como superdotado intelectualmente en base a la definición (Benito y Moro, 1997), se observa que esta correlación significativa entre las variables es más elevada, alcanzando un valor de .569 con la Edad Mental del SBL-M y de .559 con la Edad Equivalente al CIT de la escala Wechsler, ambas significativas al nivel 0,01 (bilateral) (ver tabla 45).

### **5.6.3.5. Conclusiones**

Se confirma la Hipótesis 1 acerca de la relación significativa entre la variables de Edad Equivalente de Memoria Visual en el Test de Retención Visual de Benton, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el test de Stanford-Binet Forma L-M y/o la Edad Equivalente en la escala Wechsler estadísticamente diferente en función del diagnóstico, en base a la definición de la superdotación intelectual (Benito y Moro, 1997) en niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica.

La relación entre las variables mencionadas es significativa, con valores alrededor de 0.3, cuando el menor no es superdotado intelectual, pero más elevada, 0.6, cuando el menor presenta superdotación intelectual. Este resultado respalda empíricamente la afirmación de que la superdotación intelectual aparece asociada a una mayor madurez en los procesos de memoria visual y habilidades visuoespaciales (Benito 1996; Benito y Moro, 1997; Sastre-Riba, 2008), dando evidencia experimental al criterio empleado en el diagnóstico en base a la definición de la superdotación intelectual, que hace referencia a elementos vinculados al procesamiento de la información.

La superdotación intelectual va asociada a una mayor madurez en los procesamientos de información (memoria visual y percepción visual), desarrollo de la capacidad metacognitiva precoz (aproximadamente desde los 6 años), *insight* en resolución de problemas (funciones ejecutivas), alta motivación para el aprendizaje, creatividad, precocidad y talento (Benito y Moro, 1997, p. 8 y 9).

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES GENERALES**

A través del presente trabajo de investigación, y a raíz de los resultados obtenidos, se ha demostrado empíricamente que existe una relación significativa entre la memoria visual y habilidades visuoespaciales y el nivel de inteligencia en niños y niñas de entre 5 y 8 años de edad cronológica. Este dato permite aportar mayor conocimiento a las posibilidades que ya habían apuntado anteriores autores cuando afirmaron que “los niveles de CI de alguna forma están relacionados con nuestra percepción visual, memoria visual y habilidades visuoespaciales” (Thompson y Gander, 2011, p. 8).

La relación entre la medida de Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Mental y/o Edad Equivalente, como expresión del nivel de inteligencia psicométrica del sujeto, está determinada fundamentalmente por esta última variable, de modo que a medida que aumenta el nivel de inteligencia del menor, de entre 5 y 8 años, se incrementa el grado de correlación entre ambas. Este hecho cobra especial relevancia dado que pone de manifiesto, de un modo empírico, la implicación de una amplia red neurológica que sustenta la inteligencia no sólo a nivel de regiones fronto-temporo-parietales, sino también occipitales (Astles et al., 2014; Barton y Venditti, 2013; Olesen et al., 2003) mostrando conexiones entre dichas regiones a través de estructuras cerebrales específicas (Tamura et al., 2003; Voineskos et al., 2012).

Se ha observado cómo esta relación es significativamente elevada en el caso de sujetos menores de 8 años con un CI igual o superior a 130 y mucho más elevada a niveles muy altos de inteligencia (CI igual o mayor a 145), lo que respalda la creencia en la existencia de un “salto” de la inteligencia en algunas de sus características a niveles muy elevados que podría relacionarse con procesos de mielinización o de grosor

y superficie cortical implicados tanto en la inteligencia como en la memoria visual y habilidades visuoespaciales (Astle et al., 2014; Bégre et al., 2007, 2008; Bergmann et al., 2012; Burgaleta et al., 2014; Lee et al., 2006; Olesen et al., 2003; Sastre-Riba, 2008; Schnack et al., 2014; Shaw et al., 2006). En nuestra investigación podemos observar que estos cambios se producen a edades muy tempranas.

En relación a la variable edad, se ha observado que la correlación entre las variables de Edad Equivalente de Memoria Visual y Edad Mental Equivalente es más elevada en edades más tempranas, entre 5 y 7 años, con CI elevados, lo que confirma además que en este período el rendimiento de los menores ante tareas de memoria visual y habilidades visuoespaciales es mayor dado que las posibilidades de codificar semánticamente la información para ser retenida son menores, no sólo porque el niño o niña no tenga aún las capacidades adecuadas para ello, sino también porque el material empleado no permite la recodificación semántica (Hitch et al., 1988; Alloway et al. 2006). Recordemos que las láminas del Test de Retención Visual de Benton constan de dibujos geométricos inespecíficos difícilmente nombrables (ver figura 16).

Por otra parte, dada la elevada asociación encontrada entre la memoria visual y habilidades visuoespaciales con el nivel de inteligencia en el grupo de 5-6 años, podríamos defender la idea de que si un menor de esta edad es capaz de realizar satisfactoriamente el TRVB, Administración A Forma C, esto es, obteniendo un mínimo de 4 aciertos en la prueba, esto iría vinculado a la indicación de que tal menor presenta una elevada inteligencia, dado que ha quedado demostrada la elevada asociación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual con la Edad Mental y/o Edad Equivalente en este rango de edad con CIs elevados.

Hay que recordar que el TRVB fue diseñado para ser aplicado a sujetos con una edad cronológica de 8 años o superior, encontrando que, según recoge el manual, para un sujeto de 8 años de edad cronológica y un CI estimado de 105 ó superior, el número de reproducciones correctas esperadas en la prueba es de 4. Para un sujeto de la misma edad, pero un CI estimado de entre 95 y 104, el número de reproducciones correctas esperadas es 3 (Benton, 1986).

En cuanto a la variable género, se ha observado que existen diferencias significativas en la relación entre la Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, Administración A Forma C, y la Edad Mental en el SBL-M y/o Edad Equivalente en la escala Wechsler en función de los niveles de CI en menores de entre 5 y 8 años. Por lo general, a esta edad, según los resultados hallados, los varones presentan mayores índices de relación entre ambas variables que las mujeres, pero esta diferencia desaparece a niveles muy elevados de inteligencia (CI igual o mayor a 145) o en muestras con diferencia cronológica a favor de las mujeres en el grupo de CI entre 116 y 129.

Este hecho podría tener que ver con la idea de un diferente ritmo de maduración cerebral en función del género (Koolschijn y Crone, 2013), tal y como se ha observado en el caso de los incrementos en el volumen de materia blanca, paralelos a decrementos en el volumen de materia gris que ocurren de forma similar en zonas frontales, parietales, temporales y occipitales, pero de forma más pausada en los niños frente a las niñas (Paus et al., 2001), de manera que las niñas alcanzan un volumen de desarrollo máximo de la materia gris antes que los niños (Lenroot et al., 2007) o muestran proporciones más altas de mielina que los varones en ciertas regiones cerebrales a partir de los 6 años, como en el hipocampo, estructura muy relacionada con la memoria visual (Benes et al., 1994).

Esto, unido al hecho de que también se ha visto que los cerebros de los sujetos más inteligentes siguen diferente ritmo de maduración, habiéndose observado que en los niveles más altos de inteligencia (CI por encima de 130) los niveles de asociación entre la materia gris y el CI se “aceleraban” (Wilke et al., 2003), podría explicar estos resultados.

En nuestra investigación observamos que estos cambios pueden apreciarse desde edades muy tempranas.

Por último, destacar que en menores de 5 a 8 años los niveles de correlación entre las variables objeto de estudio son por lo general más altos con la Edad Mental del SBL-M que con la Edad Equivalente de la escala Wechsler (independientemente del CI empleado para baremar las muestras), lo que parece señalar que el SBL-M mide adecuadamente el constructo de inteligencia general “g” definido por Galton como factor global de inteligencia y hereditario, implicado en toda actividad mental, en este

caso en tareas de memoria visual y habilidades visuoespaciales, cuya edad equivalente está ligada al desarrollo neurológico cerebral. La medida clínica de la inteligencia a través del SBL-M parece estar relacionada en mayor medida con las variables neuropsicológicas que subyacen a la memoria visual y habilidades visuoespaciales, si bien la relación también es significativa en el caso de la escala Wechsler no sólo por los resultados aquí arrojados, sino también por la vista elevada correlación existente entre ambas pruebas (Benito et al., 2009).

En cuanto al estudio de la asociación entre las variables Edad Equivalente de Memoria visual y Edad Mental en el caso de la superdotación intelectual en sujetos de entre 5 y 8 años de edad cronológica, se ha observado que existe un grado de relación significativo más elevado cuando el mismo ha sido diagnosticado como superdotado intelectual. Este hallazgo respalda empíricamente la idea de que la superdotación intelectual aparece asociada a una mayor madurez en los procesos de memoria visual (Benito 1996; Benito y Moro, 1997; Sastre-Riba, 2008) y el hecho de que en las inteligencias más elevadas se observan capacidades mejoradas en el área de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales (Benito, 1990; Begré et al., 2007, 2009; Lee et al., 2006), dando evidencia experimental a otros criterios empleados en el diagnóstico, en base a la definición de superdotación intelectual, que hacen referencia a elementos vinculados al procesamiento de la información (Benito y Moro, 1997).

En el ámbito neurológico, la investigación del funcionamiento cerebral en la alta capacidad intelectual postula que los cerebros más inteligentes funcionan con mayor eficacia y menor consumo de energía durante la resolución de tareas, de acuerdo con la ya vista teoría de la eficiencia neuronal (Haier et al., 1992; Neubauer y Fink, 2009). Así mismo, también se ha observado que las redes neuronales relacionadas con mecanismos de control ejecutivo y codificación, y las relacionadas con la memoria son más eficaces en los superdotados, por lo que tienen mayor capacidad para la transmisión de información (Sastre-Riba, 2008), a la vez que los sujetos con inteligencias más elevadas presentan una organización más eficiente de las redes neuronales a nivel cerebral, lo que sugiere que la inteligencia humana está probablemente muy relacionada con el modo más o menos eficiente en que nuestro cerebro integra la información entre las múltiples regiones cerebrales (van den Heuvel, Stam, Kahn y Hulshoff Pol, 2009).

## **CAPÍTULO VII: IMPLICACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

La aportación más relevante y significativa del presente estudio es haber arrojado luz en el ámbito de las neurociencias, y más concretamente en el ámbito de la neuropsicología, sobre el conocimiento del desarrollo de la inteligencia humana, a través de la medida de la inteligencia (CI psicométrico) y el estudio de las variables neuropsicológicas de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales de una forma empírica.

Al debate absurdo sobre si las medidas estandarizadas logran capturar la esencia de la inteligencia, Hunt (2011) respondió tajantemente, tras revisar en su obra los conocimientos adquiridos por la psicología sobre la misma, que las puntuaciones de los tests cuantifican apropiadamente la capacidad intelectual. Posteriormente Bouchard (2014) añadió que los números pueden no garantizar la verdad, pero el progreso en la ciencia es imposible sin números y sin medidas, puesto que la retórica y las palabras son insuficientes, en respuesta a todos aquellos que querían denigrar la medida de la inteligencia.

En nuestro país, los legisladores son conscientes de la relevancia de la inteligencia para mostrar un comportamiento adaptativo y, de ese modo, solicitan a los profesionales una evaluación formal y sólida. Su papel desatado en el siglo XXI es más notorio que en las pasadas décadas (Colom, citado en Wechsler, 2014)

Con este trabajo, y a través de los resultados hallados, se ha demostrado empíricamente la implicación de diferentes regiones cerebrales en una red de conexión neuronal, representando diferentes etapas del procesamiento de información desde la percepción sensorial visual en las zonas posteriores occipitales, pasando por la abstracción en las áreas parietales y finalizando en la verificación y toma de decisiones en las zonas anteriores frontales del cerebro, como elemento clave en las interacciones entre funciones visuales, espaciales y ejecutivas en tareas visuoestructurivas, que incluyen tareas de memoria, tal y como ya señalaron Voineskos et al. (2012), muy relacionada con diferentes niveles de inteligencia desde edades tempranas.

Esta afirmación supone una aportación a otras teorías relevantes en el área de la inteligencia, como la teoría P-FIT (Jung y Haier, 2007), que postulan que la inteligencia radica principalmente en áreas frontales y parietales del córtex (ver figura 5). Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ha de considerarse la implicación también fundamental de regiones posteriores del cerebro y su papel en el desarrollo de la inteligencia humana en el marco de edad considerado, lo que amplía el conocimiento de la misma hasta ahora alcanzado.

Este postulado tiene su repercusión en el ámbito educativo, dado que, vista el grado de asociación entre las variables neuropsicológicas de memoria visual y habilidades visuoestructurivas con el nivel de inteligencia en sujetos de entre 5 y 8 años, uno podría plantearse que una mayor estimulación a través de este tipo de tareas repercutirá en el nivel de inteligencia del sujeto. Como ya señalaron Portellano, Martínez Arias y Zumárraga (2009), el proceso madurativo durante la infancia se encuentra estrechamente relacionado con el desarrollo del cerebro, siendo la maduración neurológica y neuropsicológica el principal termómetro de la eficiencia cognitiva. El incremento y la consolidación de las redes y circuitos neuronales durante la infancia guardan una relación directamente proporcional con el desarrollo de los procesos cognitivos y de la inteligencia.

Cuando un menor recibe entrenamiento cognitivo a edades tempranas, puede conseguir mejorar la función que está en la base de la actividad entrenada, provocando una mejoría en los circuitos neurológicos que median dicha función. Si la mejora

cognitiva se mantiene, se están produciendo una consolidación en la neuroquímica cerebral, ya que mediante el aprendizaje y la estimulación cognitiva es posible modificar la estructura de las sinapsis cerebrales. De esta forma, la mejora del rendimiento en pruebas neuropsicológicas se traduce en una mejoría en la plasticidad cerebral, que lleva a conseguir un enriquecimiento y mejora de sus capacidades intelectuales.

En el caso de la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, el fomento y enriquecimiento de dicha función a través de tareas apropiadas, no sólo mediante aprendizajes explícitos adquiridos en la enseñanza escolar, sino también implícitos, especialmente de tipo motor, lleva a la modificación de los circuitos cerebrales implicados en dichas funciones y que se ha visto están altamente relacionados con la capacidad intelectual del menor.

Así, las tareas de ejecución dual, del tipo seguir una serie mientras se camina, combinando números y palmadas, o unir de forma ascendente varios números no consecutivos escritos de forma aleatoria en una hoja de papel de manera aleatoria, por ejemplo, “contribuyen a mejorar el sistema ejecutivo central, especialmente en áreas dorsolaterales, facilitando la capacidad para programar el comportamiento dirigido a metas así como la capacidad de resolver problemas, lo que constituye la esencia misma de la inteligencia” (Baddeley, 2002, citado en Portellano et al., 2009, p. 106).

Hay que recordar que “la mielinización se incrementa siempre en proporción directa al grado de estimulación recibida, de tal manera que los ambientes más enriquecidos favorecen el incremento de la producción de mielina, al contrario de lo que sucede en los casos de privación ambiental” (Portellano y García, 2014, pp. 158) y ya ha quedado claro a lo largo de presente trabajo el papel clave de la mielinización en la inteligencia, y la asociación de ésta con la memoria visual y las habilidades visuoespaciales, por lo que si estimulamos con este tipo de tareas, esto repercutirá en el nivel de inteligencia.

En cuanto a las futuras líneas de investigación, se considera necesario seguir trabajando en el estudio de la inteligencia para ampliar el grado de conocimiento en esta

área, dando respuesta a las inquietudes surgidas, así como explorar qué papel juegan la memoria visual y las habilidades visuoespaciales en el desarrollo de la inteligencia de sujetos a partir de los 8 años.

Igualmente, se plantea como futuro proyecto de trabajo la validación del uso del TRVB como herramienta de screening en la medida de la inteligencia, práctica y económica, al convertir la Edad Equivalente de Memoria Visual en un indicador de la Edad Mental de un sujeto y, por lo tanto, de su CI.

Esto permitiría dotar al TRVB de una nueva funcionalidad, diferente para la que fue creada, al posibilitar la valoración inicial del nivel de inteligencia de un sujeto de una forma sencilla y rápida, siempre y cuando se observe que el sujeto dispone de las adecuadas habilidades visuoespaciales para realizar la prueba. Al tratarse de una prueba carente de influencias culturales y no afectada por condiciones lingüísticas, podría aplicarse en amplitud de ámbitos, independiente de la edad, género, idioma, cultura, hándicaps auditivos, etc. con bajos costes, dado que sólo es necesario material de lápiz y papel para su aplicación, y el tiempo de aplicación y corrección es breve.

Así mismo, dada la elevada correlación hallada entre la Edad Equivalente de Memoria Visual y la Edad Mental del SBL-M y/o Edad Equivalente de la escala Wechsler en sujetos menores de 8 años con un CI por encima de 130, se puede plantear que si se observa una alta discrepancia entre la Edad Mental del niño y su Edad Equivalente de Memoria Visual en el TRVB, puede considerarse a la misma como un indicador de posible disfunción neuropsicológica en el menor, aspecto que será necesario abordar de forma más detallada en futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Abell, S.C., Von Briesen, P.D. & Watz, L.S. (1996). Intellectual Evaluations of Children using human figure drawings: an empirical investigation of two methods. *Journal of Clinical Psychology*, 52 (1), 67-74.

Ackerman, P.L., Beier, M.E. & Boyle, M.O. (2005). Working memory and intelligence: the same or different constructs? *Psychological Bulletin*, 131 (1), 30-60.

Afrooz, G., Farid, F., Mousavi, M.R. & Soveyzi, R. (2014). Construct validity assessment: convergent type for Stanford Binet and Wechsler Intelligence Scale for Children in Tehran. *Annual Research & Review in Biology*, 4 (24), 4400-4412.

Agam, Y., Hyun, J., Danker, J., Zhou, F., Kahan, M. & Sekuler, R. (2009). Early neural signatures of visual short-term memory. *Neuroimage* (44), 531-536.

Alfonso, V.C., Flanagan, D.P. & Radwan, S. (2005). The impact of the Cattell-Horn-Carroll Theory on Test Development and Interpretation of Cognitive and Academic Abilities. In Flanagan y Harrison (Eds.) *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests and Issues*. 2<sup>nd</sup> Edition. Guilford Press.

Allen, R., Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (2006). Is the binding of visual features in working memory resource-demanding? *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 298-313.

von Allmen, D.Y., Wurmitzer, K., Martin, E. & Klaver, P. (2013). Neural activity in the hippocampus predicts individual visual short-term memory capacity. *Hippocampus*, 23 (7), 606-615.

von Allmen, D.Y., Wurmitzer, K. & Klaver, P. (2014). Hippocampal and posterior parietal contributions to developmental increases in visual short-term memory capacity. *Cortex*, 59, 95-102.

Alloway, T.P., Gathercole, S.E. & Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: are they separable? *Child Development*, 77 (6), 1698-1716.

Álvarez, G.A. & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, 15 (2), 106-111.

APA, American Psychiatric Association (2002). *DSM-IV-TR. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. Texto revisado*. Barcelona: Masson.

APA, American Psychiatric Association (2015). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales. 5ª edición*. Editorial Médica Panamérica. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fifth edition (DSM-V). 2013*. Washington, DC: American Psychiatric Association.

Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) during Childhood. *Child Neuropsychology: a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, 8 (2), 71-82.

Arden, R., Trzaskowski, M., Garfield, V. & Plomin, R. (2014). Genes Influence Young Children's Human Figure Drawings and Their Association With Intelligence a Decade Later. *Psychological Science*, 25 (10), 1843-1850.

Ardila, A. & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clínica*. México: Editorial El Manual Moderno.

Astle, D.E. & Scerif, G. (2011). Interactions between attention and visual short-term memory (VSTM): what can be learnt from individual and developmental differences? *Neuropsychologia*, 49, 1435-1445.

Astle, D.E., Luckhoo, H., Woolrich, M., Kuo, B., Nobre, A. & Scerif, G. (2014). The neural dynamics of fronto-parietal networks in childhood revealed using magnetoencephalography. *Cerebral Cortex*, 1-9.

Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K.W. Spence (Ed.), *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*, 2, 89-195. New York: Academic Press.

Averbach, E. & Coriell, A.S. (1961). Short-term memory in vision. *Bell Systems Technical Journal*, 40, 309-328.

Awh, E., Barton, B. & Vogel, E.K. (2007). Visual working memory represents a fixed number of items regardless of complexity. *Psychological science*, 18 (7), 622- 628.

Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory* (pp. 47-89). New York: Academic Press.

Baddeley, A.D. (1996). The fractionation of working memory. In *Proceedings of the US National Academy of Sciences*, 93 (24), 13468-13472.

Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4 (11), 417-423.

Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Neuroscience*, 4, 829-839.

Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford: Oxford University Press.

Baddeley, A.D., Allen, R.J. & Hitch, G.J. (2011). Binding in visual working memory: the role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49, 1393-1400.

Barton, R. & Venditti, C. (2013). Human frontal lobes are not relatively larger. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (22), 9001-9006.

Bausela, E. (2005). Desarrollo evolutivo de la función ejecutiva. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 10 (12), 85-93.

Becker, K.A. (2003). *History of the Stanford-Binet Intelligence Scales: content and psychometrics*. (Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition Assessment Service Bulletin Number 1). Itasca, IL: Riverside Publishing.

Begré, S., Frommer, A., von Känel, R., Kiefer, C. & Federspiel, A. (2007). Relation of white matter anisotropy to visual memory in 17 healthy subjects. *Brain Research*, 1168, 60-66.

Begré, S., Kiefer, C., von Känel, R., Frommer, A. & Federspiel, A. (2009). Rey Visual Design Learning Test performance correlates with white matter structure. *Acta Neuropsychiatrica*, 21, 67-74

Benes, F.M., Turtle, M., Khan, Y. & Farol, P. (1994). Myelination of a key relay zone in the hippocampal formation occurs in the human brain during childhood, adolescences and adulthood. *Archives of General Psychiatry*, 51, 477-484.

Benito, Y. (1990). *Problemática del niño superdotado*. 3ª edición. Amarú Ediciones, Salamanca.

Benito, Y. (1992). *Desarrollo y educación de los niños superdotados*. 2ª edición. Salamanca: Amarú Ediciones.

Benito, Y. (1996). *Inteligencia y algunos factores de personalidad en superdotados*. Salamanca: Amarú Ediciones.

Benito, Y. & Moro, J. (1997). *Proyecto para la Identificación Temprana de Alumnos Superdotados*. Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.

Benito, Y. (1999). *¿Existen los superdotados?*. Ed. Praxis, S.A. Barcelona.

Benito, Y., Moro, J. & Alonso, J.A. (2009). ¿Qué es la inteligencia? Validez del test WISC-IV para medir la misma. Criterios de corrección para los alumnos con superdotación intelectual. *Ideacción*, 29 (español). Edited by the Spanish Center of support for gifted children's development. <http://www.centrohuertadelrey.com> (30/12/10), 35, 32.

Benito, Y., Moro, J., Alonso, J.A. & Guerra, S. (2014). Test de Screening para alumnos superdotados. Test científico de screening para alumnos superdotados 'Huerta del Rey', aplicación del Raven Color (CPM). *Ideacción*. Editada por CEADS, Centro Español para la Ayuda al Desarrollo del Superdotado. Valladolid.

Benton, A.L. (1945). A visual retention test for clinical use. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 54, 3.

Benton, A.L. & Collins, M.A. (1949). Visual retention test performance in children. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 62, 5.

Benton, A.L. (1971). *Introducción a la neuropsicología*. Ed. Fontanella.

Benton, A.L. (1986) *TRVB: Test de Retención Visual de Benton*. 3ª Edición. TEA Ediciones. Madrid.

Benton, A. (1990). Constructional apraxia. In Boller, F., Grafman, J., (eds). *Handbook of neuropsychology* (pp. 387-394). Nueva York. Elsevier.

Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the human electroencephalogram). *Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten*, 87, 527–70.

Bergmann, J., Genc, E., Kohler, A., Singer, W. & Pearson, J. (2014). Neural Anatomy of Primary Visual Cortex Limits Visual Working Memory. *Cerebral Cortex*. Downloaded from <http://cercor.oxfordjournals.org> on October 4, 2015.

Best, J.R., Miller, P.H. & Jones, L.J. (2009). Executive functions after age 5: changes and correlates. *Developmental Review*, 29, 180–200.

Binet, A. & Simon, Th. (1905). Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'Année Psychologique*, 11, 191-244.

Binet, A., & Simon, T. (1908). Le développement de l'intelligence chez les enfants. *L'Année Psychologique*, 14, 1-94.

Binet, A. (1911). Nouvelles recherches sur la mesure du niveau intellectuel chez les enfants d'école. *L'Année Psychologique*, 17, 145-201.

Bojórquez, M. (2005). Validación de test grafomotor en población escolar normal en Lima. *Anales de la Facultad de Medicina*, 66 (3), 218-224.

Borkowski, J.G. & Peck, V.A. (1987). Causes and consequences of metamemory in gifted children. In R. Sternberg y J. Davidson (Eds.). *Conceptions of giftedness*. N. York: Cambridge University Press.

Bouaziz, S. & Magnan, A. (2007). Contribution of the visual perception and Graphics production Systems to the copying of complex geometrical drawings: a developmental study. *Cognitive Development*, 22, 5-15.

Bouchard, T. (2014). Genes, Evolution and Intelligence. *Behavior Genetics*, 44 (2), 549-577.

Brinkman, J.J., Decker, S.L. & Dean, R.S. (2005). Assessing and understanding brain function through neuropsychologically based ability tests. In R.C. D'Amato, E. Fletcher-Janzen y C.R. Reynolds (Eds.) *Handbook of school neuropsychology*, 303-326. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Brocki, K.C. & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26 (2), 571-593.

- Broderick, P. & Laszlo, J. (1987). The drawing of squares and diamonds: a perceptual-motor task analysis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 43, 44-61.
- Brun C.C., Lepore N., Luders E., Chou, Y.Y., Madsen, S.K., Toga, A.W. & Thompson, P.M. (2009). Sex differences in brain structure in auditory and cingulate regions. *Neuroreport*, 20 (10), 930–935.
- Bundensen, C., Habekost, T. & Kyllingsvaek, S. (2005). A neural theory of visual attention: Bridging cognition and neurophysiology. *Psychological Review*, 112, 291-328.
- Bundensen, C., Habekost, T. & Kyllingsvaek, S. (2011). A neural theory of visual attention and short-term memory (NTVA). *Neuropsychologia*, 49, 1446-1457.
- Burgaleta, M., Johson, W., Waber, D.P., Colom, R. & Karama, S. (2014). Cognitive abilities changes and dynamics of cortical thickness development in healthy children and adolescents. *Neuroimage*, 84, 810-819.
- Burt, C. (1949). The distribution of intelligence. *British Journal of Educational Psychology*, 19, 190.
- Buss, A.T., Fox, N., Boas, D.A. & Spencer, J.P. (2014). Probing the early development of visual working memory capacity with functional near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 85, 314-325.
- Caballo, V. (2005). *Manual para la evaluación clínica de los trastornos psicológicos. Trastornos de la edad adulta e informes psicológicos*. Psicología Pirámide.
- Cabezas, C. (2007). *Análisis y características del dibujo infantil*. Jaen. Ittakus.
- Camarata, S. & Woodcock, R. (2006). Sex differences in processing Speedy: Developmental effects in males and females. *Intelligence*, 34, 231-252.

Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.

Castelló, A. (2001). *Inteligencias. Una integración multidisciplinaria*. Ed. Masson

Cattell, J. M. (1890). Mental Tests and Measurements. *Mind*, 15, 373-381.

Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: a critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54, 1-22.

Caviness, V.S., Kennedy, D.N., Richelme, C., Rademacher, J. & Filipek, P.A. (1996). The human brain age 7-11 years: a volumetric analysis based on magnetic resonance images. *Cerebral Cortex*, 6 (5), 726-736.

Chalke, F.C. & Ertl, J.P. (1965). Evoked potentials and intelligence. *Life science*, 4, 1319.

Chiang, M., Barysheva, M., Shattuck, D., Lee, A., Madsen, S., Avedissian, C., ... Thompson, P.M. (2009). Genetics of Brain Fiber Architecture and Intellectual Performance. *The Journal of Neuroscience*, 29(7), 2212-2224. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.4184-08.2009

Cole, M., Yarkoni, T., Repovs, G., Anticevic, A. y Braver, T. (2012). Global connectivity of prefrontal cortex predicts cognitive control and Intelligence. *Journal of Neuroscience*, 32 (26), 8988-8999. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.0536-12.2012

Colom R. & Andrés-Pueyo, A. (1999). El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema*, 11 (3), 453-476.

Colom, R., Abad, F.J., Quiroga, M.A., Shih, P.C. & Flores-Mendoza, C., (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, 36, 584-606.

Cowan, N. (1995). *Attention and memory: an integrated framework*. Nueva York: Oxford University Press.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behav Brain Sci.* 24 (1), 87-114.

Cowan, N., Elliot, E.M., Saults, J.S., Morey, C.C., Mattox, S., Hismjatullina, A. & Conway, A.R. (2005). On the capacity of attention: its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51, 42-100.

Cowan, N. & Morey, C.C. (2006). Visual working memory depends on attentional filtering. *Trends in Cognitive Sciences*, 10 (4), 139-141.

Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19, 51-57.

Crawford, J.R., Deary, I. J., Allan, K.M. & Gustafsson, J.E. (1998). Evaluating competing models of the relationship between inspection time and psychometric intelligence. *Intelligence*, 26 (1), 27-42.

Daneman, M. & Carpenter, P.A. (1980). Individual Differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.

Darling, S., Della Sala, S. & Logie, R.H. (2007). Behavioural evidence for separating components within visuo-espacial working memory. *Cognitive Process*, 8, 175-181.

Deary, I.J. & Caryl, P.G. (1997). Neuroscience and human intelligence differences. *Trends neuroscience*, 20 (8), 365-371.

Deary, I. J., Whalley, L. J., Lemmon, H., Crawford, J. R. & Starr, J. M. (2000). The stability of differences in mental ability from childhood to old age: follow-up of the 1932 Scottish Mental Survey. *Intelligence*, 28, 49-55.

Deary, I.J. (2001). Individual differences in cognition: British contributions over a century. *British Journal of Psychology*, 92, 217-237.

Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 201–211.

Deary, I.J., Yang, J., Davies, G., Harris, S.E., Tenesa, A., Liewald, D., ... Visscher, P.M. (2012). Genetic contributions to stability and change in intelligence from childhood to old age. *Nature*, 482 (7384), 212–215.

Del Giudice, E., Grossi, D., Angelini, R., Crisanti, A.F., Latte, F., Fragassi, N.A. & Trojano, L. (2000). Spatial cognition in children I. Development of drawing-related (visuospatial and constructional) abilities in preschool and early school years. *Brain & Development*, 22, 362-367.

Delvenne, J., Cleeremans, A. & Laloyaux, C. (2010). Feature bindings are maintained in visual short-term memory without sustained focused attention. *Experimental Psychology*, 57 (2), 108-116.

Douglas, G. & Riding, R.J. (1994). Cognitive style y gender differences in drawing from memory versus copying in 11-year-old children. *Educational Psychology*, 14 (4), 493-496.

Duff, S.C. & Logie, R.H. (1999). Storage and processing in visuo-spatial working memory. *Scandinavian Journal of Psychology*, 40, 251-259.

Dunst, B., Benedek, M., Bergner, S., Athenstaedt, U. & Neubauer, A.C. (2013). Sex differences in neural efficiency: are they due to the stereotype threat effect? *Personality and Individual Differences*, 55, 744-749.

Dunst, B., Benedek, M., Koschutnig, K., Jauk, E. & Neubauer, A.C. (2014a). Sex differences in the IQ-white matter microstructure relationship: a DTI study. *Brain Cognition*, 91, 71-78.

Dunst, B., Benedek, M., Jauk, E., Bergner, S., Koschutnig, K., Sommer, M., ... Neubauer, A.C. (2014b). Neural efficiency as a function of task demands. *Intelligence*, 42, 22-30.

Engel de Abreu, P.M.J., Conway, A.R.A. & Gathercole, S.E. (2010). Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*, 38, 552-561.

Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent variable model approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.

Evans, J.J., Floyd, R.G., McGrew, K.S. & Legforsee, M.H. (2002). The relations between measures of Cattell-Horn-Carroll (CHC) cognitive abilities and reading achievement during childhood and adolescence. *School Psychology Review*, 31, 246-262.

Fagan, J.F., (1984). The relationship of novelty preferences during infancy to later intelligence and later recognition memory. *Intelligence*, 8, 339-346.

Fagan, J.F. & Detterman, D.K. (1992). The Fagan Test of Infant Intelligence: a technical summary. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 13 (2), 173-193.

Fagan, J.F., Holland, C.R. & Wheeler, K., (2007). The prediction, from infancy, of adult IQ and achievement. *Intelligence*, 35, 225-231.

Farah, M.J. (1984). The neurological basis of mental imagery: a componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.

Ferguson, C.J., Cruz, A.M. & Rueda, S.M. (2007). Gender, Video Game Playing Habits and Visual Memory Tasks. *Sex Roles*, 58 (3-4), 279-286.

Ferreira, A.I., Almeida, L.S., Prieto, G. & Guisande, M.A. (2012). Memoria e inteligencia: interdependencia en función de los procesos y contenidos de las tareas. *Universitas Psychologica*, 11 (2), 455-467.

Fields, R.D. (2008). ¿Qué función cumple la sustancia blanca? *Investigación y ciencia*. Mayo, 54-61.

Flanagan, D.P. & Kaufman, A. S. (2006). *Claves para la evaluación con el WISC-IV*. Madrid: TEA Ediciones, S.A.

Foster, W. (1986). Giftedness: the mistaken metaphor. En Maker, C.J. *Critical issues in gifted education*, Vol. 1. MD: Aspen, Rockville.

Frisk, V., Jakobson, L. S., Knight, R. M., & Robertson, B. (2005). Copy and recall performance of 6-8-year-old children after standard vs. step-by-step administration of the Rey-Osterrieth complex figure. *Child Neuropsychology*, 11 (2), 135-152.

Fry, A.F. & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 7, 237-241.

Fry, A.F. & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54, 1-34.

Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.

Galton, F. J. (1988). *Herencia y eugenesia*. Madrid: Alianza. (Publicado originalmente en 1883).

García-Nonell, C., Rigau-Ratera, E., Artigas-Pallarés, J., García-Sánchez, C. & Estévez-González, A. (2003). Síndrome de Williams: memoria, funciones visuoespaciales y funciones visuoconstructivos. *Rev. Neurología*, 37, 826-830.

Garred, M. & Gilmore, L. (2009). To WPPSI or to Binet, that is the question: a comparison of the WPPSI-III and SB5 with typically-developing preschoolers. *Australian Journal of Guidance and Counseling*, 19, (2), 104-115.

Gasser, H. & Erlanger J. (1922). A study of the action currents of nerve with the cathode ray oscillograph. *American Journal of Physiology*, 62, 496-524.

Georgopoulos, M.A., Georgopoulos, A.P., Kuz, N. & Landau, B. (2004). Figure copying in Williams syndrome and normal subjects. *Experimental Brain Research*, 157 (2), 137-146.

Gil-Verona, J.A., Macías, J.A., Pastor, J.F., de Paz, F., Barbosa, M., Maniega, M.A., ... Boget, T. (2003). Diferencias sexuales en el sistema nervioso humano. Una revisión desde el punto de vista psiconeurobiológico. *Revista internacional de Psicología clínica y de la salud*, 3 (2), 351-361.

Gilman, B. & Revel, A. (1999). Current Use of the Stanford Binet, Form L-M. *Highly Gifted Children*, 12 (4).

Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, A.C., ... Thompson, P.M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (21), 8174-8179.

González-Pérez, P.A., Hernández, S., Martín-González, R., Verche, E., Quintero, I., Bravo, J., ... García-Marco, E. (2014). Adaptación en población infantil del Test Neuropsicológico de Aprendizaje y Memoria Visual (Dcs): Neurodesarrollo de la memoria figurativa. *Acción Psicológica*, 10 (2), 3-20.

Goodenough, F. (1926a). A new approach to the measurement of intelligence of young children. *Journal of Genetic Psychology*, 33, 185-211.

Goodenough, F. (1926b). *The measurement of intelligence by drawing*. New York: World Book Co.

Goodenough, F. & Harris, D.B. (1963). *Goodenough-Harris Drawing Test*. San Antonio, Texas: Harcourt Assessment, Inc.

Gottfredson, L.S. (1997). Mainstream Science on Intelligence: an editorial with 52 signatories, history and bibliography. *Intelligence*, 24 (1), 13-23.

Gross, M. (1998). Issues in assessing the highly gifted. *Understanding Our Gifted*, Winter, 3-8.

Grossi, D. & Trojano, L. (1999). Constructional apraxia. In: Denes, G., Pizzamiglio, L. *Handbook of clinical and experimental neuropsychology* (pp. 441-450). Hove. Psychology Press.

Guérin, F., Ska., B. & Belleville, S. (1999). Cognitive processing of drawing abilities. *Brain and cognition*, 40, 464-478.

Guerra, S. (2002). *Procesamiento de información: Memoria Visual y Edad Mental*. Suficiencia investigadora, Universidad de Valladolid.

Haier, R.J., Siegel, B.V., Nuechterlein, K.H., Hazlett, E., Wu, J.C., Paek, J.,... Buchsbaum, M. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12, 199-217.

Haier, R.J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L. & Buchsbaum, M.S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16, 415-426.

Haier, R.J., Jung, R.E., Yeo, R.A., Head, K. & Alkire, M.T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *Neuroimage*, 25 (1), 320-327.

Halpern, D., & Collaer, M. (2005). Sex differences in visuospatial abilities: More than meets the eyes. In Shah, P. y Miyake, A. (Eds.). *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, 170-212. Cambridge: Cambridge University Press.

Harness A., Jacot L., Shauna S., White A. & Warnick J.E. (2008). Sex differences in working memory. *Psychological Reports*, 103 (1), 214-218.

Hartmann, P., Kruise, N.H.S. & Nyborg, H. (2007). Testing the cross-racial generality of Sperman's hypothesis in two samples. *Intelligence*, 35, 47-57.

Harshman, R. A., Hampson, E., & Berenbaum, S. A. (1983). Individual differences in cognitive abilities and brain organization, Part I: Sex and handedness differences in ability. *Canadian Journal of Psychology*, 37, 144-192.

Hebb, D.O. (1949). *The organization of behavior: a neuropsychological theory*, Nueva York, John Wiley and Sons.

Hernández, S., Díaz, A., Jiménez, J.E., Martín, R., Rodríguez, C. & García, E. (2012). Datos normativos para el test de Span visual: estudio evolutivo de la memoria de trabajo visual y la memoria de trabajo verbal. *European Journal of Education and Psychology*, 5 (1), 65-77.

Herrnstein, R.J. & Murray, C. (1994). *The Bell curve: Intelligence and class structure in American life*. New York: Free Press.

Heyes, S.B., Zokaei, N., Van de Staaij, I., Bays, P.M & Husain, M. (2012). Development of visual working memory precision in childhood. *Developmental Science*, 15, 4, 528-539.

Hitch, G.J. & Halliday, S. (1983). Working memory in children. *Philosophical Transactions of the Royal Society London Series B*, 302, 325-340.

Hitch, G.J., Halliday, S., Schaafstal, A.M. & Schraagen, J.M.C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory and cognition*, 16 (2), 120-132.

Hollingworth, L.S. (1926). *Gifted children: their nature and nurture*. New York, Mcmillan.

Hollingworth, A. (2004). Constructing visual representations of natural scenes: the roles of short-and long-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30 (3), 519–537.

Hollingworth, A. (2006). Visual memory for natural scenes: Evidence from change detection and visual search. *Visual cognition*, 14, 781-807.

Horn, J.L. & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized ability intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57, 253-270.

Huarte de San Juan, J. (1989). *Examen de Ingenios para las Ciencias*. Madrid: Cátedra.

Humphreys, G.W. & Bruce, V. (1989). *Visual cognition: computational, experimental and neuropsychological perspectives*. Hove, U.K.: Erlbaum.

Hunt, E.B. (1971). What kind of computer is man? *Cognitive Psychology*, 2, 57-98.

Hunt, E.B. (2011). *Human intelligence*. Nueva York: Cambridge University Press.

Hutton, U., Wilding, J. & Hudson, R. (1997). The role of attention in the relationship between inspection time and IQ in children. *Intelligence*, 24, 445-460.

Jackson, N.E. & Butterfield, E.C. (1986). “A conception of giftedness”. In R. Sternberg y J. Davidson (Eds.). *Conceptions of giftedness*. N. York: Cambridge University Press.

Jausovec, N. & Jausovec, K. (2004a). Differences in induced brain activity during the performance of learning and working-memory tasks related to intelligence. *Brain and Cognition*, 54, 65–74.

Jausovec, N. & Jausovec, K. (2004b). Intelligence related differences in induced brain activity during the performance of memory tasks. *Personality and Individual Differences*, 36 (3), 597–612.

Jausovec, N. & Jausovec, K., (2008). Spatial rotation and recognizing emotions: gender related differences in brain activity. *Intelligence* 36, 383–393.

Jensen, A.R. (1969). How Much Can We Boost IQ and Scholastic Achievement? *Harvard Educational Review*, 39 (1), 1-123.

Jensen, A.R. (1998). *The factor g: the science of mental ability*. Westport. CT: Praeger.

Jevons, W.S. (1871). The power of numerical discrimination. A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.

Johnson, W. & Bouchard, T. J. (2007) Sex differences in mental ability: a proposed means to link them to brain structure and function. *Intelligence*, 35, 197-209.

Jolicoeur, P. & Dell'Acqua, R. (1999). Attentional and structural constraints on visual encoding. *Psychological Research*, 62, 154-164.

Jung, R.E., & Haier, R.J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioural and Brain Sciences*, 30, 135–154.

Kail, R. & Siegel, A. (1978). Sex and Hemispheric Differences in the recall of verbal and spatial information. *Cortex*, 14 (4), 557-563.

Keele, S.W. & Chase, W.G. (1967). Short-term visual storage. *Perceptions & Psychophysics*, 2, 383-386.

Kemps, E., De Rammelaere, S. & Desmet, T. (2000). The development of working memory: exploring the complementarity of two models. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 89–109.

Kleist, K. (1923). Kriegsverletzungen des Gehirns in ihrer Bedeutung für die Hirnlokalisierung und Hirnpathologie. In O. von Schjerning (Ed.), *Hanbuch der Ärztlichen Erfahrung im Weltkrieg*, 4, 1914-1918. Leipzig: Barth.

Klimesch, W. (1982). Verbal processes in visual short and long-term memory: evidence against the hypothesis of independent visual and verbal codes? *International Journal of Psychology*, 17, 9-17.

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. *Cognitive Neuroscience*, 14, 1-10.

Klingberg, T. (2006). Development of a superior frontal-intraparietal network for visuospatial working memory. *Neuropsychologia*, 44 (11), 2171-2177.

Kokubo, N., Inagaki, M., Gunji, A., Kobayashi, T., Ohta, H., Kajimoto, O. & Kaga, M. (2012). Developmental change of visuo-spatial working memory in children: Quantitative evaluation through an Advanced Trail Making Test. *Brain and Development*, 34, 799-805.

Knoff, H.M. & Sperling, B.L. (1986). Gifted children and visual-motor development: a comparison of Bender-Gestalt and VMI Test performance. *Psychology in the schools*, 23, 247-251.

Koolschijn, P.C. & Crone, E.A. (2013). Sex differences and structural brain maturation from childhood to early adulthood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 5, 106-118.

Koppitz, E.M. (1975). *The Bender-Gestalt Test for young children: research and application*, 1963-1973. (Vol II). New York: Grune & Stratton.

Koppitz, E.M. (1986). *El test gestáltico visomotor para niños*. 11ª edición. Editorial Guadalupe.

Kosslyn, S.M. & Koenig, O. (1992). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. New York. The Free Press.

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kyllonen, P.C. & Christal, R.E. (1990). Reasoning Ability is (little more than) Working-Memory Capacity?! *Intelligence*, 14, 389-433.

Langeslag, S., Schmidt, M., Ghassabian, A., Jaddoe, V., Hofman, A., van der Lugt, A., ... White, T. (2013). Functional connectivity between parietal and frontal Brain regions and Intelligence in Young children: the Generation R study. *Human Brain Mapp.* 34, 3299-3307.

Lee, K.H., Choi, Y.Y., Gray, J.R., Cho, S.H., Chae, J., Lee S. & Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: stronger recruitment of posterior parietal cortex. *Neuroimage*, 29, 578-586.

Lenroot, R.K., Gogtay, N., Greenstein, D.K., Wells, E.M., Wallace, G.L., Clasen, L.S.,... Giedd, J.N. (2007). Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence. *Neuroimage*, 36, 1065-1073.

León-Carrión, J. (1995). *Manual de neuropsicología humana*. Siglo Veintiuno de España Editores, S.A.

Little, A.C. (2013). The influence of steroid sex hormones on the cognitive and emotional processing of visual stimuli in humans. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 34, 315-328.

Logie, R.H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, U.K.: Lawrence Erlbaum Associates.

Logie, R. H. (2003). Spatial and visual working memory: a mental workspace. In B.H. Ross & D.E. Irwin (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation: Cognitive Vision*, 42, 37-78. New York: Academic Press.

López, J.A. & Luján, J.L. (1989). *El artefacto de la inteligencia*. Anthropos, Barcelona.

Lowe, P.A., Mayfield, J.W. & Reynolds, C.R. (2003). Gender differences in memory test performance among children and adolescents. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18 (8), 865-878.

Luck, S.J. & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.

Luck, S.J. (2008). Visual short-term memory. In Luck, S.J. y Hollingworth, A. (Eds.). *Visual Memory*. Oxford, University Press.

Luck, S.J. & Vogel, E.K. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17 (8), 391-400.

Luders, E., Narr, K.L., Thompson, P.M., Woods, R.P., Rex, D.E., Jancke, L., ... Toga, A.W. (2005). Mapping cortical gray matter in the young adult brain: Effects of gender. *Neuroimage*, 26, 493-501.

Luders E., Narr K.L., Bilder R.M., Thompson P.M., Szeszko P.R., Hamilton L. & Toga A.W. (2007). Positive correlations between corpus callosum thickness and intelligence. *Neuroimage*, 37 (4), 1457-1464.

Luders, E., Narr, K.L., Thompson, P.M. & Toga, A.W. (2009a). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, 37, 156-163.

Luders, E., Gaser, C., Narr, K.L. & Toga, A.W. (2009b). Why sex matters: brain size independent differences in gray matter distributions between men and women. *Journal of Neuroscience*, 29 (45), 14265–14270.

Luria, A.R. (1947). *Afasia traumática clínica, semiótica y terapia rehabilitadora*. Moscú: Academia de Ciencias Médicas de la URSS.

Luria, R., Sessa, P., Gotler, A., Jolicoeur, P. & Dell'Acqua, R. (2009). Visual short-term memory capacity for simple and complex objects. *Journal of cognitive neuroscience*, 22 (3), 496-512.

Marland, S.P. (1972). *Education of the gifted and talented. Report to the Congress of the United States by U.S. Commissioner of Education*. Washington Printing Office.

Martens, R., Hurks, P.P.M. & Jolles, J. (2014). Organizational strategy use in children aged 5-7: standardization and validity of the Rey Complex Figure Organizational Strategy score (RCF-OSS). *The Clinical Neuropsychologist*, 28 (6), 954-973.

Martínez, K. & Colom, R., (2009). Working memory capacity and processing efficiency predict fluid but not crystallized and spatial intelligence: evidence supporting the neural noise hypothesis. *Personality and Individual Differences*, 46, 281-286.

McGrew, K. S. (1997). Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf–Gc framework. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 151–179). New York: Guilford.

McGrew, K. S. & Flanagan, D.P. (1998). *An intelligence test desk reference (ITDR): a cross-battery approach to intelligence test interpretation*. Boston: Allyn & Bacon.

McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37, 1-10.

Melnick, M.D., Harrison, B.R., Park, S., Bennetto, L. & Tadin, D. (2013). A strong interactive link between sensory discriminations and intelligence. *Current Biology*, 23, 1013-1017.

Meyers, J.E. & Meyers, K.R. (1995). *Key Complex Figure Test and Recognition Trial: Professional Manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.

Miller, L. & Vernon, P. (1992). The General Factor in Short-term Memory, Intelligence and Reaction Time. *Intelligence*, 16, 5-29.

Miller, L. & Vernon, P. (1996). Intelligence, Reaction Time and Working Memory in 4 to 6 year old children. *Intelligence*, 22, 155-190.

Miller, G. & Penke, L. (2007). The evolution of human intelligence and the coefficient of additive genetic variance in human brain size. *Intelligence*, 35, 97-114.

Miller, D.I. & Halpern, D.F. (2014). The new science of cognitive sex differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 18 (1), 37-45.

Minton, B. & Pratt, S. (2006). Gifted and highly gifted students: how do they score on the SB5? *Roeper Review*, 6 (28), 232-236.

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., 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*, 41-49-100.

Montero-Linares, J., Navarro-Guzmán, J.I. & Aguilar-Villagrán, M., (2013). Procesos de automatización cognitiva en alumnado con altas capacidades intelectuales. *Anales de Psicología*, 29 (2), 454-461.

Neubauer, A.C., Fink, A. & Schrausser, D.G. (2002). Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on brain-IQ relationship. *Intelligence*, 30, 515-536.

Neubauer, A.C. (2003). Inteligencia y mielina. *Mente y cerebro*, 2, 22-25.

Neubauer, A.C. & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1004-1023.

Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F. & Turkheimer, E. (2012, January 2). Intelligence: New Findings and Theoretical Developments. *American Psychologist*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0026699

Olesen, P., Nagy, Z., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2003). Combined analysis of DTI and fMRI data reveals a joint maturation of white and grey matter in a fronto-parietal network. *Cognitive Brain Research*, 18, 48-57.

Orozco-Giménez, C., Pastor-Pons, E., Meersmans Sánchez-Jofré, M., Verdejo, A. & Pérez-García, M. (2005). Relación entre los tests de memoria y la volumetría y relaxometría del hipocampo. *Neurología*. 40 (3), 129-134.

Osterrieth, P.A. (1944). Le test de copie d'une figure complexe. *Arch Psychol*, 30, 206-356.

Otero, C., Rodríguez, D. & Andrade, E. (2009). Ciclos naturales de las hormonas sexuales y diferencias entre sexos en memoria. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 37 (2), 68-74.

Ovejero, A. (2003). *La cara oculta de los tests de inteligencia. Un análisis crítico*. Editorial Biblioteca Nueva, S.L., Madrid.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt.

Paivio, A. (1986). *Mental representations*. Oxford: Oxford University Press.

Pangelinan, M., Zhang, G., VanMeter, J., Clark, J., Hatfield, B. & Haufler, A. (2011). Beyond age and gender: Relationships between cortical and subcortical brain volume and cognitive-motor abilities in school-age children. *NeuroImage*, 54, 3093–3100.

Pascual Pascual, S.I. (2001a). Evaluación de la madurez para el dibujo en la infancia. I. Desarrollo y validación de un test grafomotor en la población infantil normal. *Revista de Neurología*, 33 (9), 812-825.

Pascual Pascual, S.I. (2001b). Evaluación de la madurez para el dibujo en la infancia. II. Desarrollo y validación de un test grafomotor en el niño con discapacidad neuropsiquiátrica. *Revista de Neurología*, 33 (10), 938-947.

Pasewark, R.A., Rardin, M.W., & Grice, J.E. (1971). Relationship of the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence and the Stanford-Binet (L-M) in lower class children. *Journal of School Psychology*, 9, 43-50.

Paus, T., Collins, D.L., Evans, A.C., Leonard, G., Pike, B. & Zijdenbos, A. (2001). Maturation of white matter in the human brain: A review of magnetic resonance studies. *Brain Research Bulletin*, 54 (3), 255–266.

Pearson, K. (1906). On the relationship of intelligence to size and shape of head, and to other physical and mental characters. *Biometrika*. 15, 1/2, 105-146.

Pemberton, E.F. (1990). Systematic errors in children's drawings. *Cognitive Development*, 5, 395-404.

Peña-Casanova, J. (1976). La apraxia constructiva y problemas de desarrollo y aprendizaje en neurología. *Revista de Neurología*, 17, 267-273.

Pérez, L.F. & Vega, M.A. (1996). "Memoria y superdotación intelectual". En Benito, Y. (Ed.) *Desarrollo y educación de los niños superdotados*. Amarú Ediciones. Salamanca.

Perone, S., Simmering, V. & Spencer, J.P. (2011). Stronger neural dynamics capture changes in infants' visual working memory capacity over development. *Developmental Sciences*, 14 (6), 1379-1392.

Persson, J., Spreng, R.N., Turner, G., Herlitz, A., Morell, A., Stening, E.,... Söderlund, H. (2014). Sex differences in volume and structural covariance of the anterior and posterior hippocampus. *NeuroImage*, 99, 215–225.

Phillips, W.A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, 16 (2), 283-290.

Pickering, S. J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory*, 9, 423–432.

Pineda, D.A. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. *Rev. Neurología*, 30 (8), 764-768.

Poirel, N., Mellet, E., Houdé, O. & Pineau, A. (2008). First came the trees, then the forest: developmental changes during childhood in the processing of visual local-global patterns according to the meaningfulness of the stimuli. *Developmental Psychology*. 44 (1), 245-53.

Poirel N, Simon G, Cassotti M, Leroux G, Perchey G, Lanoë, C.,... Houdé, O. (2011) The Shift from Local to Global Visual Processing in 6-Year-Old Children Is Associated with Grey Matter Loss. *PLoS ONE* 6(6): e20879. doi:10.1371/journal.pone.0020879

Pontón, M.O., González, J.J., Hernández, I., Herrera, L. & Higareda, I. (2000). Factor analysis of the Neuropsychological Screening Battery for Hispanics (NeSBHIS). *Applied Neuropsychology*, 7, 32-39.

Portellano, J. A. (2005). *Cómo desarrollar la inteligencia: Entrenamiento neuropsicológico de la atención y las funciones ejecutivas*. Madrid, España: Somos.

Portellano, J.A., Martínez Arias, R. & Zumárraga, L. (2009). ENFEN: *Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños*. TEA Ediciones, S.A.

Portellano, J.A. & García, J. (2014). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. Editorial Síntesis.

Prada, E.L.; Pérez, P.F. & Sánchez, J.A. (2013). Relación entre el desempeño en una tarea de memoria operativa numérico visual y en el Test de matrices progresivas de Raven en adultos jóvenes. *Revista Neurología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 13 (2), 1-17.

Ramsden, S., Richardson, F., Josse, G., Thomas, M., Ellis, C., Shakeshaft, C., ... Price, C.J. (2011). Verbal and non-verbal intelligence changes in the teenage brain. *Nature*, 479, 113-116.

Raven, J.C., Court, J.H. & Raven, J. (1991). *Test de Matrices Progresivas: escalas coloreada, general y avanzada*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

Real Academia Española, RAE (2014). *Diccionario de la lengua española* (23.<sup>a</sup> ed.). Madrid: Espasa Libros, S. L. U.

Reed, T.E. & Jensen, A.R. (1992). Conduction velocity in a brain nerve pathway of normal adults correlates with intelligence level. *Intelligence*, 16, 259-272.

Reed, T.E., Vernon, P.A. & Johnson, A.M. (2004). Confirmation of correlation between brain nerve conduction velocity and intelligence level in normal adults. *Intelligence*, 32, 563-572.

Renzulli, J. S., (1978). *What Makes Giftedness? Reexamining a Definition*. Moravia, New York: Chronicle Guidance Publications, Inc. Recuperado de

[http://www.mishawaka.k12.in.us/documents/HA%20docs/EDPS%20540%20articles/Module%201%20-%202020\(January%2026\)/Renzulli.pdf](http://www.mishawaka.k12.in.us/documents/HA%20docs/EDPS%20540%20articles/Module%201%20-%202020(January%2026)/Renzulli.pdf).

Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. *Archives De Psychologie*, 28, 215-285.

Rey, A. (2003). *Test de Copia de una Figura Compleja*. Manual 3ª edición revisada. Traducido por Mª Victoria de la Cruz.. TEA ediciones. S.A.

Ribot, Th. (1927). *Las enfermedades de la memoria*. Madrid: Biblioteca científico-filosófica. Daniel Jorro Editor.

Riggs, K.J., McTaggart, J., Simpson, A. & Freeman, R.P.J. (2006). Changes in the capacity of visual working memory in 5- to 10-years-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95 (1), 18–26.

Roid, G. H. (2003a). *Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition*. Itasca, IL: Riverside Publishing.

Roid, G. H. (2003b). *Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition: Technical Manual*. Itasca, IL: Riverside Publishing.

Roivainen, E. (2011). Gender differences in processing speed: A review of recent research. *Learning and Individual Differences*, 21, 145-149.

Román, F., Sánchez, M.P. & Rabadán, M.J. (2010). *Neuropsicología*. Editorial DM.

Roncato, S., Sartori, G., Masterson, J. & Rumiati, R. (1987). Constructional apraxia: an information processing analysis. *Cognitive Neuropsychology*, 4, 113-129.

Rose, S.A. & Feldman, J.F. (1997). Memory and speed: their role in the relation of infant information processing to later IQ. *Child Development*, 68 (4), 630-641.

Rose, S.A., Feldman, J.F. & Jankowski, J.J. (2004). Infant visual recognition memory. *Developmental Review*, 24, 74-100.

Rose, S.A., Feldman, J.F., Jankowski, J.J. & Van Rossem, R., (2012). Information processing from infancy to 11 years: continuities and prediction of IQ. *Intelligence*, 40, 445-457.

Ross-Sheehy, S., Oakes, L.M. & Luck, S.J. (2003). The development of visual short-term memory capacity in infants. *Child Development*, 74, 1807-1822.

Ross-Sheehy, S., Oakes, L.M. & Luck, S.J. (2010). Exogenous attention influences visual short-term memory capacity in infants. *Child Developmental Science*, 14, 490-501.

Rosselli, M., Matute, E. & Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. Ed. Manual Moderno.

Ruíz-Vargas, J.M. (1991). *Psicología de la Memoria*. Alianza Editorial.

Rypma, B., Berger, J.S., Prabhakaran, V., Bly, B.M., Kimberg, D.Y., Biswal, B.B. & D'Esposito, M. (2006). Neural correlates of cognitive efficiency. *Neuroimage*, 33, 969-979.

Santana, J.J.R.A., Godoy, J.P.M.C., Ferreira, J.C.P., Farias, K.L. & Galera, C.A. (2013). Interference of Dynamic Visual Noise on Encoding Visual Information in Working Memory. *Psicologia: Reflexao e Crítica*, 26 (4), 735-742.

Sastre-Riba, S. (2008). Niños con altas capacidades y su funcionamiento cognitivo general. *Revista de Neurología*, 6, 1, 11-16.

Sattler, J. (2010). *Evaluación Infantil: fundamentos cognitivos*. 5ª Edición. Vol. 1. Ed. El Manual Moderno.

Schmader, T., Johns, M., & Forbes, C. (2008). An integrated process model of stereotype threat on performance. *Psychological Review*, 115, 336 – 356.

Schmithorst, V.J., Wilke, M., Dardzinski, B.J. & Holland, S.K. (2005). Cognitive functions correlate with white matter architecture in a normal pediatric population: a diffusion tensor MRI study. *Human Brain Mapping*, 26, 139-147.

Schnack, H.G., van Haren, N., Brouwer, R., Evans, A., Durston, S., Boomsma, D.I., ... Hulshoff Pol, H.E. (2014). Changes in Thickness and Surface Area of the Human Cortex and Their Relationship with Intelligence. *Cerebral Cortex*. doi:10.1093/cercor/bht357

Schneider, W.X. (1999). Visual-spatial working memory, attention and scene representation: a neuro-cognitive theory. *Psychological Research*, 62, 220-236.

Seung-Hyun, J., Yong-Ju, K., Jin-Su, J., Suk-Won, K. & Dong-Hoon, S. (2006). Differences in brain information transmission between gifted and normal children during scientific hypothesis generation. *Brain and Cognition*, 62, 191–197.

Senese, V.P., de Lucia, N. & Conson, M. (2015). Cognitive predictors of copying and drawing from memory of the Rey-Osterrieth Complex Figure in 7-10 year-old children. *The Clinical Neuropsychologist*, 29 (1), 118-132. Doi: 10.1080/13854046.2014.995711

Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N., ... Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440, 676-679.

Sheppard, L.D. & Vernon, P.A. (2008). Intelligence and speed of information-processing: a review of 50 years of research. *Personality and Individual Differences*, 44, 535-551.

Silverman, L.K. & Keartney, K. (1989). “Parents of the extraordinarily gifted”. In *Advanced Development*, 1.

Silverman, L.K. (1993). A developmental model for Counseling the gifted. In Silverman, L.K. (Ed.), *Counseling the gifted and talented*, 51-78. Denver, CO: Love Publishing.

Silverman, L.K. (2009). The measurement of giftedness. In Shavinina, L.V. (Ed.), *International Handbook on Giftedness*, 947-970. Springer Science + Business Media B.V. DOI 10.1007/978-1-4020-6162-2\_48

Simmering, V.R. (2012). The development of visual working memory capacity during early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 695-707.

Simmering, V.R. & Patterson, R. (2012). Models provide specificity: Testing a proposed mechanism of visual working memory capacity development. *Cognitive Development*, 27 (4), 419-439.

Singer, W., Engel, A.K., Kreiter, A.K., Munk, M.HJ., Neuenschwander, S. & Roelfsema, P.R. (1997). Neuronal assemblies: necessity, signature and detectability. *Trends in cognitive sciences*, 1 (7), 252-261.

Sluming, V.A., Page, D., Downe, J., Denby, C., Mayes, A. & Roberts, N. (2005). Increased hippocampal volumes and enhanced visual memory in musicians. In ISMRM (Eds) *Proceedings of the scientific meeting of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, Miami, USA. 83.

Sowell, E., Delis, D., Stiles, J. & Jernigan, T. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: a structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7, 312-322.

Spearman, C. (1904). General intelligence objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 210-293.

Spearman, C. (1923). *The nature of intelligence and principles of cognition*. London: Mcmillan.

Spencer, H. (1855). *The Principles of Psychology*. Londres: Longman, Brown, Green, and Longmans.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and applied*, 74, 1-29.

Spreeen, O. & Strauss, E. (1991). *A compendium of Neuropsychological Tests. Administration, Norms and Commentary*. Oxford University Press, New York

Steck, P.H., (2005). A revision of A.L. Benton's Visual Retention Test in two parallel forms. *Archives of clinical neuropsychology*, 20.

Stern, W. (1912). *The Psychological Methods of Testing Intelligence*. Baltimore: Warwick & York.

Sternberg, R.J. (1981). A componential theory of intelligence giftedness. *Gifted Child Quarterly*, 25, 86-93.

Sternberg, R.J. (1985). *Beyond IQ: A Triarchic Theory of Intelligence*. New York: Cambridge University Press.

Sternberg, R.J. & Davidson, J.E. (1985). Cognitive development in the gifted and talented. In Horowitz, F.D. y O'Brien, M. (Eds.), *The gifted and talented: Developmental perspectives*, 37-74. Washington, DC: American Psychological Association.

Strub, R.L. & Black, FW. (1993). Constructional ability. In Strub, R.L., Black, FW. *The mental status examination in neurology*. Philadelphia. Davis company

Tamura, H., Takahashi, S., Kurihara, N., Yamada, S., Hatazawa, J. & Okudera, T. (2003). Practical visualization of internal structure of White matter for image interpretation: staining a spin-echo T2-weighted image with three echo-planar diffusion-weighted images. *American Journal of Neuroradiology*, 24, 401-409.

Tapia, J. A. (1992). Evaluación de la inteligencia desde el enfoque Binet-Terman-Wechsler. En R. Fernández-Ballesteros (Ed.), *Introducción a la Evaluación Psicológica (Vol. I)*. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid.

Terman, L.M. (1916). *The measurement of intelligence*. Boston: Houghton Mifflin

Terman, L.M. & Merrill, M.A. (1937). *Measuring intelligence*. Boston, Houghton Mifflin

Terman, L.M. & Merrill, M.A. (1960). *Stanford-Binet intelligence scale*. Boston, Houghton Mifflin

Thilers, P., MacDonald, S. & Herlitz, A. (2007). Sex differences in cognition: the role of handedness. *Physiology & Behavior*, 92, 105-109.

Thompson, S.B. & Gander, J. (2011). Immediate memory functioning and intelligence quotients of 18-30 years age group using new data derives from the Benton Visual Retention Test: applicability to Alzheimers disease patients. *WebmedCentral Geriatric Medicine*, 2(3):WMC001652

Thorndike, R. L., Hagen, E. P., & Sattler, J. M. (1986). *The Stanford-Binet Intelligence Scale: Fourth Edition*. Itasca, IL: Riverside Publishing.

Todd, J.J. & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 428, 751-754.

Todd, J.J. & Marois, R. (2005). Posterior parietal cortex activity predicts individual differences in visual short-term memory capacity. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 5 (2), 144-155.

Torres, A., Gómez-Gil, E., Vidal, A., Puig, O., Boget, T. & Salamero, M. (2006). Diferencias de género en las funciones cognitivas e influencia de las hormonas sexuales. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 34 (6), 408-415.

Tourón, J., Peralta, F. & Reparaz, Ch. (1998). *La superdotación intelectual: modelos, identificación y estrategias educativas*. Pamplona: Eunsa, 78.

Tyler-Wood, T., Knezek, G., Christensen, R., Morales, C. y Dunn-Rankin, P. (2014). Scaling three versions of the Stanford-Binet intelligence test: examining ceiling effects for identifying giftedness. *Educational Research*, 5 (2), 42.

Ungerleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two Cortical Visual Systems. In Ingle, D.J., Goodale, M.A. y Mansfield, R.J. (Eds.) *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press, 549-586.

Vaivre-Douret, L. (2004). Les caractéristiques développementales d'un échantillon d'enfants tot venant à "haues potentilités" (surdoués): suivi prophylactique. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*. 52, 129-141.

Vaivre-Douret, L. (2011). Developmental and Cognitive Characteristics of "High-Level Potentialities" (Highly Gifted) Children. *International Journal of Pediatrics*.

Van de Heuvel, M.P., Stam, C.J., Kahn, R.S. & Hulshoff Pol, H.E. (2009). Efficiency of functional brain networks and intellectual performance. *The journal of neuroscience*, 29 (23), 7619-7624.

Van Sommers, P. (1989). A system for drawing and drawing-related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 6, 117-164.

Vargha-Khadem, F., Gadian, D.G., Watkins, K.E., Connelly, A., Van Paesschen, W. & Mishkin, M. (1997). Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277, 376-380.

Vernon, P. (1950). *The structure of human abilities*. London: Methuen.

Vernon, P. (1990). The use of biological measures to estimate behavioural intelligence. Special issue: intelligence and intelligence testing. *Educational Psychologist*, 25, 293-304.

Vernon, P. & Mori, M. (1992). Intelligence, reaction times and peripheral nerve conduction velocity. *Intelligence*, 16, 273-288.

Vernon, P., Vickett, P., Bazana, G. & Stelmack, R. (2000). The neuropsychology and psychophysiology of human intelligence. In Sternberg, R.J. (Ed.), *Handbook of Intelligence*. Cambridge: University Press.

Vlachos, F., Andreou, G. & Andreou, E. (2003). Biological and environmental influences in visuospatial abilities. *Learning and Individual Differences*, 13, 339-347. Doi: 10.1016/S1041-6080(03)00014-1

Voineskos, A., Rajji, T., Lobaugh, N., Miranda, D., Shenton, M., Kennedy, J.L., ... Mulsant, B.H. (2012). Age-related decline in White matter tract integrity and cognitive performance: a DTI tractography and structural equation modeling study. *Neurobiol Aging*, 33 (1), 21-34.

Vuontela, V., Steenari, M., Carlson, S., Koivisto, J., Fjällberg, M. & Aronen, E. (2003). Audiospatial and Visuospatial Working Memory in 6-13 year old school children. *Learning & Memory*, 10, 74-81.

Waber, D.P., Forbes, P.W., Almlí, C.R. & Blood, E.A., (2012). Four-year longitudinal performance of a population-based sample of healthy children on a neuropsychological battery: the NIH MRI study of normal brain development. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18, 179–190.

Walhovd, K.B., Fjell, A.M., Reinvang, I., Lundervold, A., Fischl, B., Salat, D., & Dale, A.M. (2005a). Cortical Volume and speed-of-processing are complementary in prediction of performance intelligence. *Neuropsychologia*, 43, 704-713.

Walhovd, K.B., Fjell, A.M., Reinvang, I., Lundervold, A., Dale, A.M., Eilertsen, D.E., ... Fischl, B. (2005b). Effects of age on volumens of cortex, white matter and subcortical structures. *Neurobiology of Aging*, 26, 1261-1270.

Wechsler, D. (1939). *Wechsler-Bellevue Intelligence Scale*. New York: The Psychological Corporation.

Wechsler, D. (1949). *Wechsler Intelligence Scale for Children*. New York: The Psychological Corporation. Edición española: Escala de Inteligencia de Wechsler para niños WISC. Madrid: TEA Ediciones, 1974.

Wechsler, D. (1989). *Wechsler Preschool and Primary scale of Intelligence-revised*. San Antonio, Texas: The Psychological Corporation.

Wechsler, D. (2002). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence- Third Edition*. Pearson Assessments, Inc., San Antonio, Texas. Edición española: Escala de inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria WPPSI-III. Madrid: TEA Ediciones, 2009.

Wechsler, D. (2005). *Wechsler Intelligence Scale for children- Fourth Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation. Edición española: Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños- IV, WISC-IV. Madrid: TEA Ediciones, 2005.

Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for children- Fifth Edition*. NCS Pearson, Inc. Edición española: Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños- V, WISC-V. NCS Pearson, 2015.

Weiss, E., Kemmler, G., Deisenhammer, E., Fleischhacker W. & Delazer, M. (2003). Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences*, 35, 863-875.

Wheeler, M.E. & Treisman, A.M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of experimental psychology: general*, 131 (1), 48-64.

Wigan, A. (1844). *The duality of the mind*. London: Longman.

Wilke, M., Sohn, J., Byars, A. & Holland, S. (2003). Bright spots: correlations of gray matter volume with IQ in a normal pediatric population. *Neuroimage* 20, 202–215.

Willerman, L., Schultz, R., Rutledge, J. N., & Bigler, E. D. (1991). In vivo brain size and intelligence. *Intelligence*, 15, 223-228.

Wilson, K. & Gilmore, L. (2012). Assessing intellectual functioning in young adolescents : how do the WISC-IV and SB5 compare? *Australian Journal of Guidance and Counseling Association*, 22 (1), 1-14.

Wolford, G. & Hollingsworth, S. (1974). Evidence that short-term memory is not the limiting factor in the tachistoscopic full-report procedure. *Memory & Cognition*, 2 (4), 796-800.

Wong, C., Cotrena, Ch., Cardoso, C. & Fonseca, P. (2010). Memoria visual: relación con factores sociodemográficos. *Revista de Neuropsicología*, 5 (1), 10-18.

Xomskaya, E. (2002). La escuela neuropsicológica de A.R. Luria. *Revista española de Neuropsicología*, 4 (2-3), 130-150.

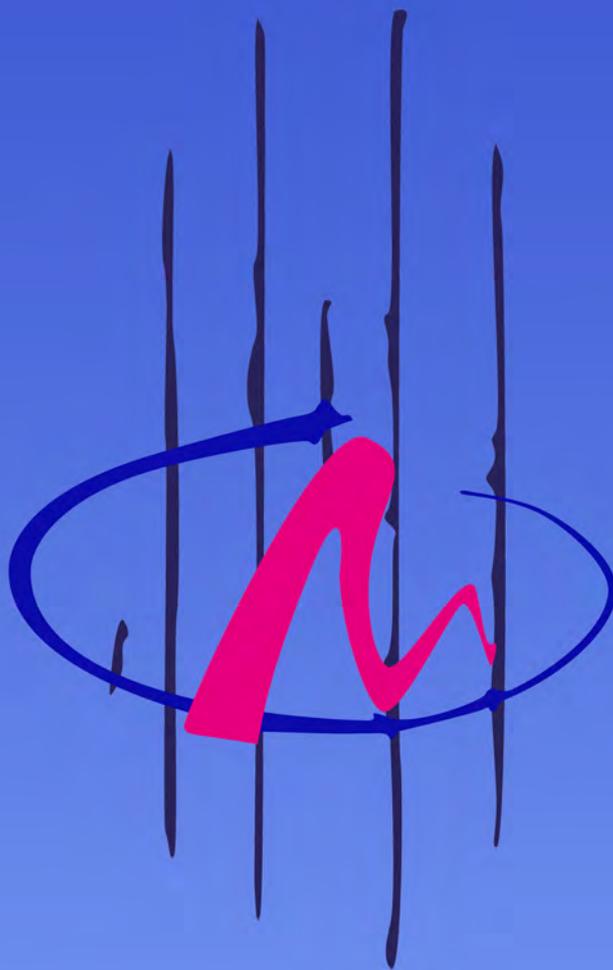
Xu, Y. & Chun, M.M. (2006). Dissociable neural mechanisms supporting visual short-term memory for objects. *Nature*, 440 (2), 91-95. doi: 10.1038/nature04262

Yan, C., Gong, G., Wang, J., Wang, D., Liu, D. & He, Y. (2011). Sex and brain size related small-world structural cortical networks in young adults: a DTI tractography study. *Cerebral Cortex*, 21, 449-458.

Zanini, A.M., Wagner, G.P., Zortea, M., Segabinazi, J.D., Salles, J.F., Bandeira, D.R. & Trentini, C.M. (2014). Evidence of criterion validity for The Benton Visual Retention Test: comparison between older adults with and without a possible diagnosis of

Alzheimer's disease. *Psychology & Neuroscience*, 7 (2), 131-138. Doi:  
10.3922/j.psns.2014.006





# **IDEA** *cción*

---

Editada por CEADS, Centro Español de  
Ayuda al Desarrollo del Superdotado  
"Huerta del Rey"

VALLADOLID, 2016