



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN PSICOLOGÍA**

**LATERALIDAD MANUAL Y MEMORIA VISUOESPACIAL: ESTRATEGIAS ORGANIZACIONALES PARA CONSTRUIR LA FIGURA COMPLEJA DE REY.**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN NEUROPSICOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**GERARDO SÁNCHEZ DINORÍN**

**DIRECTORA:**

**DRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**COMITÉ:**

**DR. FELIPE CRUZ PÉREZ  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA  
DRA. IRMA YOLANDA DEL RÍO PORTILLA  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA  
DRA. ALICIA ELVIRA VÉLEZ GARCÍA  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA  
MTRA. MARIA GUADALUPE GONZÁLEZ OSORNIO  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**MÉXICO, D.F.**

**MAYO, 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Agradecimientos.**

Agradezco a la D.G.A.P.A. por la beca y apoyo otorgados dentro del proyecto IN224414-2 “Actividad cerebral durante la ubicación de sonido y movimiento ocular: Estudio de Lateralidad”.

A la U.N.A.M. por permitirme formar parte de esta magnífica institución desde mis estudios de bachillerato, a lo largo de mis estudios de licenciatura y actualmente como estudiante de especialización.

A mi Tutora, la Dra. Itzel Graciela Galán López por su apoyo, confianza y paciencia; por su dedicación y entrega que permitieron realizar este trabajo con estándares altos de calidad y profesionalismo. Gracias por aportarme tanto valioso conocimiento.

A la Dra. Irma Yolanda del Río Portilla, por permitirme participar en sus proyectos de investigación, por acogerme como practicante de Servicio Social desde mis estudios de licenciatura y transmitirme su experiencia siempre en un ambiente de respeto y cariño.

Al Dr. Felipe Cruz Pérez, por su confianza y entrega a lo largo de mi preparación como practicante de la Neuropsicología. Gracias por permitirme formar parte de su equipo de trabajo y por transmitirme su experiencia profesional en el ámbito clínico y de investigación.

A la Dra. Alicia Elvira Vélez García, por sus valiosas aportaciones dentro y fuera del aula, por prepararme como un especialista crítico y entregado en todas las actividades académicas.

A la Dra. María Guadalupe González Osornio, por sus valiosos comentarios, por su accesibilidad, humildad y respeto mostrados a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A mi madre académica, la Dra. Olga Araceli Rojas Ramos, por abrirme las puertas al mundo de las Neurociencias y permitirme formar parte de su equipo de trabajo, por acompañarme a lo largo de mi trayectoria académica dentro y fuera de la Universidad. Aprecio de sobremanera la valiosa experiencia y el conocimiento transmitido. Gracias por todo, amiga.

A la Dra. Maria Corsi Cabrera por abrirme las puertas de su laboratorio, por su confianza y entrega durante mi formación como investigador.

Agradezco a todos mis compañeros de licenciatura y especialización, a todo el equipo de trabajo del Laboratorio de Sueño y a mis profesores. Cada uno ha aportado experiencias valiosas en mi formación que de alguna u otra forma he empleado durante la elaboración de este trabajo.

A mis padres y hermanos, por confiar en mí y acompañarme a lo largo de este camino que apenas comienza.

A mis amigos que han participado en la formación de la persona que soy. Agradezco especialmente a mi amiga Natalie Garza, quien tuvo una colaboración importante en la elaboración de este documento y a Raúl Navarro, quien me ha acompañado en cada paso de mi proceso de titulación.

El presente trabajo está dedicado  
a la memoria de mi amigo Juan,  
mi tía Alicia y mi abuela Estela,  
quienes me vieron iniciar este capítulo  
de mi vida, pero no alcanzaron a presenciar  
su conclusión.

Gracias por formar parte de mí hoy y siempre.

## Contenido.

Resumen		
Abstract		
I.	Asimetría Cerebral y Lateralidad Manual	1
	Definición y clasificación de la lateralidad manual	2
	Identificación de la lateralidad manual	4
	Etiología	6
	Distribución de la preferencia manual	13
	Asimetría cerebral y lateralidad manual	15
	Desempeño cognitivo y lateralidad manual	18
II.	Habilidades visuoespaciales y memoria visuoespacial	24
	Sistema de procesamiento visual	24
	Habilidades visuoespaciales	27
	Habilidades visuoespaciales	30
	Figura Compleja de Rey-Osterrieth	31
	Figura Compleja de Rey-Osterrieth, visuoespacial y neurociencias	35
	Memoria visuoespacial	38
	Influencia de la codificación en la recuperación de información visuoespacial	41
	Figura Compleja de Rey-Osterrieth y lateralidad manual	45
III.	Planteamiento del problema	46
	Justificación	46
	Objetivos	47
	Hipótesis	48
IV.	Método	49
	Variables	49
	Participantes	50
	Instrumentos	51
	Procedimiento	60
	Análisis de datos	60
V.	Resultados	61
VI.	Discusión	79
VII.	Conclusión	90
VIII.	Referencias	92

## Lista de Tablas y Figuras.

### Tablas

Tabla 1	Criterios de puntuación de los elementos de la ROCF	55
Tabla 2	Instrucciones para el sistema de puntuación de la estrategia organizacional	58
Tabla 3	Características de la muestra	61
Tabla 4	Diferencias de lateralidad en los criterios de puntuación tradicional de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth	67
Tabla 5	Diferencias de lateralidad en la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth	70
Tabla 6	Diferencias de lateralidad en el tipo de error durante la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth	71
Tabla 7	Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 5 durante la evocación de la ROCF	73
Tabla 8	Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 9 durante la evocación de la ROCF	75
Tabla 9	Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 18 durante la evocación de la ROCF	77

### Figuras

Figura 1	Figura Compleja de Rey-Osterrieth.	54
Figura 2	Puntajes totales promedio y barras de error típico de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth durante la copia y la evocación	62
Figura 3	Clasificación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth según el método Osterrieth durante la copia y la evocación	63
Figura 4	Clasificación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth según el sistema de Puntuación de la Estrategia Organizacional durante la copia y la evocación	65
Figura 5	Promedio de elementos evocados con precisión y localización adecuadas, y barras de error típico: diferencias de lateralidad	68
Figura 6	Promedio de elementos evocados con errores de localización y precisión, y barras de error típico: diferencias de lateralidad	69
Figura 7	Puntajes promedio para el elemento 5 <i>Mediana vertical del rectángulo 2</i> durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico	72
Figura 8	Puntajes promedio para el elemento 9 <i>Triángulo rectángulo sobre mitad derecha del rectángulo 2</i> durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico	74
Figura 9	Puntajes promedio para el elemento 18 <i>Cuadrado y diagonal en extremo inferior izquierdo</i> durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico	76

## Resumen.

**Introducción.** La lateralidad manual hace referencia al empleo predominante de una de las manos ante las tareas de la vida cotidiana y es el indicador conductual más evidente de especialización hemisférica. Investigaciones muestran que existen diferencias neuroanatómicas estructurales y funcionales de acuerdo con la lateralidad manual, sin embargo, estas investigaciones distan de ser concluyentes. También se han sugerido diferencias en el procesamiento cognitivo en diestros y zurdos, de acuerdo a la lateralización hemisférica de algunos procesos. Investigaciones muestran una participación importante del hemisferio derecho en el procesamiento visuoconstruccional holístico, mientras que el componente mnésico visuoespacial sugiere la participación bilateral de estructuras parietotemporales. Debido a esta caracterización y a que podría ser distinta la organización del proceso visuoconstructivo y de la memoria visuoespacial en función de la lateralidad manual, se investigaron las características cuantitativas y cualitativas de estos procesos cognitivos en personas diestras y zurdas, empleando el Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth (ROCF).

**Método.** Empleamos una muestra constituida por 22 participantes zurdos y 22 diestros pareados en sexo y edad, ambos con niveles de escolaridad superior a los 12 años y con un Cociente Intelectual normal. Se administró la ROCF en modalidad de copia y memoria en ambos grupos, la cual fue evaluada mediante el sistema tradicional de calificación y mediante dos sistemas de calificación cualitativa.

**Resultados.** Se observaron diferencias significativas en el desempeño de la ROCF durante la codificación y la evocación valorada mediante el sistema de calificación cuantitativo tradicional. Los sistemas de calificación cualitativa no mostraron diferencias entre grupos, sin embargo, realizamos una caracterización sobre los tipos de construcción y estrategias organizacionales de la información visuoespacial en ambos grupos, los cuales fueron más heterogéneos en el grupo de zurdos. Se encontraron diferencias significativas en el total de elementos que fueron evocados correctamente, presentes en mayor cantidad en el grupo de diestros; además identificamos 3 elementos de los 18 que componen la figura, los cuales difirieron entre grupos. Para el grupo de zurdos, se presentaron más errores de localización, rotación y distorsión.

**Discusión.** El desempeño en la ROCF fue distinto en diestros que en zurdos, donde estos últimos obtuvieron en promedio una puntuación significativamente menor. Dichos resultados no reflejaron alteraciones en la muestra de zurdos, pero sí distintos tipos de construcción y organización de la información visuoespacial, que pudieran impactar en la calidad de la evocación de la misma. Las características de las construcciones realizadas por los zurdos presentaron mayor variabilidad, lo que podría implicar un procesamiento distinto de la información visuoespacial a través de una organización neuroanatómica aún no caracterizada, que aun así les permite desempeñarse dentro de los parámetros esperados para la población diestra. Nuestros hallazgos resaltan la necesidad de implementar distintos métodos de análisis de la ROCF durante la evaluación, los cuales permitan profundizar en el análisis del procesamiento visuoespacial.

**Palabras Clave:** lateralidad manual, visuoconstrucción, estrategia organizacional, memoria visuoespacial, ROCF.



**Abstract.**

**Introduction.** Handedness refers to the predominant use of one hand to the tasks in everyday life and is the most evident behavioral indicator of hemispheric specialization. Research shows that there are structural and functional neuroanatomical differences referring to handedness, however, these investigations are far from being conclusive. There have also been suggested differences in cognitive processing in right- and lefthanders, according to hemispheric lateralization of some processes. Research shows an important participation of the right hemisphere in the holistic visuoconstructional processing, while the visuospatial mnemonic component suggests the participation of bilateral parietotemporal structures. Due to this characterization and that it might be a different organization of these processes in function of handedness, it was decided to investigate the quantitative and qualitative characteristics of these cognitive skills in right- and lefthanders using the Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF).

**Method.** We used a sample consisting of 22 left-handed and 22 right-handed participants matched in sex and age, both with over 12 years of educational level and a normal Intelligence Quotient. The ROCF was administered in copy and memory phase to both groups, which was evaluated by the traditional scoring system and using two qualitative rating systems.

**Results.** We found significant differences in the performance of the ROCF during encoding and recall valued by traditional scoring system. Qualitative rating systems yielded no differences between groups; however, we performed a characterization of the type of construction as well as the organizational strategies used for visuospatial information in both groups, which were more heterogeneous in the left-handed group. There were found significant differences in the total number of elements that were evoked properly, present in greater amounts in the right-handed group; we also identified three elements out of 18 that constitute the figure, which differed between groups. For the left-handed group, there were found more location, rotation and distortion errors.

**Discussion.** The performance on the ROCF was different from right to lefthanders, where this last group obtained an average significant minor score. These results do not reflect alterations in the left-handed population, but different types of construction and organization of visuospatial information, that could impact on the quality of its evocation. The characteristics of the left-handed built constructions showed higher variability, which could imply different visuospatial information processing through a still not characterized neuroanatomical organization that even though, allows to perform within the expected parameters for the right-handed population. Our findings highlight the necessity to implement different methods to analyze ROCF during evaluation, which will allow deepening into the analysis of visuospatial processing.

**Keywords:** handedness, visuoconstruction, organizational strategy, visuospatial memory, ROCF.

## **I. Asimetría Cerebral y Lateralidad Manual.**

Un aspecto elemental que le ha permitido a la psicología comprender el comportamiento, la emoción y la cognición en el humano, es el estudio de la organización anatómica y funcional del sistema nervioso central. En el ámbito de la neuropsicología particularmente, teóricos y clínicos han dedicado su vida al estudio de las funciones emergentes de la actividad de la corteza cerebral. Desde mediados de 1800's, gracias a los hallazgos de Broca en el ámbito de la organización neuroanatómica del lenguaje, se ha sugerido que existen diferencias anatómicas y funcionales entre ambos hemisferios cerebrales (Powell, Kemp, Roberts & García-Finaña, 2012). Estas diferencias, también llamadas asimetrías cerebrales, le han concernido a la neuropsicología pues ayudan a comprender la organización que tienen las funciones cognitivas a nivel cerebral (Rains, 2004; Portellano, 2005; Kolb & Whishaw, 2015).

Tras más de 100 años del estudio de la asimetría cerebral, se sabe que ambos hemisferios desempeñan funciones distintas, a esta noción también se le ha llamado lateralidad. Típicamente el hemisferio izquierdo juega un rol especial en la producción y comprensión del lenguaje, así como el control del movimiento del lado derecho del cuerpo. Por su parte, el hemisferio derecho tiene mayor participación en percibir y sintetizar información no verbal, incluyendo la música y la expresión facial, además se encarga del control motor del lado izquierdo del cuerpo (Kolb & Whishaw, 2015).

Kolb y Whishaw (2015) señalan algunas nociones que dificultan el estudio de la lateralidad. En primer lugar no se puede hablar de una lateralidad absoluta, ésta es relativa pues ambos hemisferios cerebrales participan en casi cualquier comportamiento; a pesar de que los hemisferios cerebrales son asimétricos, las funciones comparten mecanismos entre cada estructura o región homónima contralateral en comparación con otras localizadas en el mismo

hemisferio; además no hay factores caracterizados como determinantes absolutos de su etiología, pues factores ambientales y genéticos se asocian la lateralidad.

Para estudiar la lateralidad cerebral asociada con asimetrías estructurales y funcionales se ha de elegir alguna característica que presuponga la participación especial de un hemisferio cerebral. A pesar de que la lateralización del lenguaje ha sido una de las asimetrías cerebrales más estudiadas (Knecht et al., 2000a,b), la lateralidad manual es la evidencia conductual más clara de lateralización hemisférica debido a la participación de estructuras contralaterales en el control motor (Willems, Van der Hagen, Fisher & Francks, 2014).

### **Definición y clasificación de la lateralidad manual.**

La lateralidad manual o también llamada preferencia manual, hace referencia al empleo predominante de una de las manos ante las tareas de la vida cotidiana. Se ha adoptado la nomenclatura de zurdo, diestro o ambidiestro para caracterizar a las personas que muestran preferencia por la mano izquierda, derecha o ambas respectivamente, en tareas de índole motriz (Corballis, 2014) .

El uso del término “zurdo” ha tenido connotaciones semánticas y morales negativas que no forzosamente se refieren al empleo de la mano izquierda. A estas personas se les han atribuido características despectivas como inutilidad, carencia de fiabilidad o patología (Portellano, 2005). En la etimología latina, la raíz del término zurdo procede de “sinester”, que significa oscuro o poco fiable. En general, se ha observado que en distintas culturas las palabras usadas para denominar “izquierda” tienen una connotación negativa y se asocian con defecto por ejemplo *gauche* en francés y *lynkisch* en alemán, asociadas con torpeza; de manera similar, el etiquetar a alguien como zurdo, *levja* en ruso, se asocia con decepción o falta de confianza (Kushner, 2013);

en inglés, la palabra “left” (izquierda) proviene del inglés antiguo *lyft*, que se refiere a débil o tonto, mientras que la palabra “right” (derecha) proviene del antiguo *riht*, que se refiere a lo justo, bueno o propio (Etymonline.com, 2016). En una revisión, Perelle y Ehrman (2005) destacan algunas ideas generadas sobre las personas zurdas a lo largo del tiempo: Burt (1937) concluyó que los zurdos “entrecierran los ojos, tartamudean, desordenan y arrastran los pies, titubean como focas fuera del agua. Son torpes en la casa y toscos en sus juegos, son desatinados y desmañados en todo lo que hacen”; Blau (1946) calificó a la zurdera como uno de los signos de una psiconeurosis infantil; Hertz (1969) proclamó que un signo de desarrollo adecuado en el niño, era la incapacidad de la mano izquierda para realizar cualquier acción independiente.

Por algún tiempo se llegó a pensar que la zurdera se relacionaba con la brujería y la adoración al diablo, y en algunas sociedades no era tolerada. Ahora se sabe que los zurdos no son siniestros, no obstante algunos investigadores han propuesto a las personas zurdas como inferiores a las diestras, como Geschwind y Behan (1984) quienes recabaron datos entre los años 1960’s y 1980’s encontrando una incidencia significativamente mayor de migraña, alergias, dislexia, tartamudeo, malformaciones óseas y trastornos tiroideos en personas zurdas en comparación con las diestras; en estudios donde se busca relacionar la lateralidad con la longevidad se ha encontrado que los zurdos viven en promedio nueve años menos que los diestros (Halpern & Coren, 1988; Coren & Halpern, 1991; Hugdahl, Satz, Mitrushina & Miller, 1993), sin embargo se ha cuestionado la validez de estos resultados debido a la falta de control metodológico (Perelle & Ehrman, 2005) y a que otras investigaciones no han podido replicar estos resultados (Wolf, D’Agostino & Cross, 1991; Kuhlemeier, 1991), además es posible explicar estos resultados tomando en cuenta la variabilidad en la prevalencia de zurdería presentada a lo largo de la vida (Vuoksima, Koskenvuo, Rose & Kaprio, 2009).

Otro aspecto con el que se ha relacionado la lateralidad manual es en la incidencia de anomalías cardíacas, reportadas con mayor frecuencia en personas zurdas (Iscen, Özenç & Tavlasoglu, 2014); por otro lado hay investigaciones donde se contempla la lateralidad manual y el funcionamiento cerebral anormal, encontrando que la zurdería es independiente de este último factor, el cual puede estar relacionado con estrés durante el parto y que no necesariamente impacta en la preferencia manual, siendo ambas variables independientes (Nicholls, Johnston & Shields, 2012). Hay otros autores que no asocian la zurdería como un factor comórbido con patología, pero que la ligan con hábitos conductuales que resultan ser no tan efectivos y que podrían impactar el bienestar de las personas como es el caso de la calidad de higiene oral (Çakur, Yildiz, Dane & Zorba, 2011) o el tipo de prácticas que pueden llevar a cabo al interactuar en un mundo y entorno social prácticamente diseñado para diestros, que los colocaría en una posición vulnerable, haciéndolos más propensos a sufrir lesiones o accidentes no intencionales (Graham & Cleveland, 1995).

### **Identificación de la lateralidad manual.**

La forma más sencilla y rápida para detectar la lateralidad manual es preguntar u observar la mano con la que las personas escriben, sin embargo hace ya más de 40 años que existen instrumentos diseñados específicamente para determinarla de forma objetiva y obteniendo valores cuantitativos (Annett, 1970).

El inventario de preferencia manual de Edimburgo (Edinburgh Handedness Inventory), ha sido administrado como un cuestionario de auto-reporte, que identifica la preferencia manual para algunas tareas de índole motriz como son la escritura y el dibujo, arrojar objetos, usar las tijeras, cepillar los dientes, emplear una raqueta de tennis, usar una escoba o un rastrillo, repartir

cartas, entre otros (Oldfield, 1971). Este instrumento cuenta además con valores normativos en población mexicana (Cuencas, Von Seggern, Toledo & Harrell, 1990).

Además de los inventarios de autorreporte, se han elaborado instrumentos que permiten observar y cuantificar el grado de preferencia manual a través de la realización de diversas tareas. Annett (1970) propuso un test para evaluar la lateralidad manual en las personas, el cual se ha empleado en conjunto con el Inventario de Edimburgo en diversas investigaciones (Foundas, Hong, Leonard & Heilman, 1998; Knecht et al., 2000a,b; Portellano, 2006; Galán & del Río, 2012).

Existen otros métodos para obtener medidas cuantitativas de la lateralidad manual como los tests de evaluación de destreza manual asimétrica que comparan la velocidad de la respuesta de las manos en tareas visuomotoras, como pueden ser pruebas de tablero (Annett, 1985), hacer ejercicios de tapping con los dedos (Hervé, Mazoyer, Crivello, Perchey & Tzourio-Mazoyer, 2005; Mellet et al., 2014), presionar botones (Klöppel et al., 2007) rellenar círculos con puntos (McManus, 1985), etc., pero estas pruebas se enfocan en medir el desempeño, la habilidad y/o la destreza de ambas manos y no exigen una respuesta automática por parte del participante que permita identificar qué mano usa preferentemente en la vida cotidiana, por lo que se cuestiona la validez de dichos instrumentos para evaluar específicamente lo que se ha definido como lateralidad manual (Mellet et al., 2014). Además se ha encontrado que las tareas mecánicas pueden ser ejecutadas igual de bien con ambas manos como consecuencia del aprendizaje, siendo la escritura la única actividad que a pesar de continuo entrenamiento no puede alcanzar a desempeñarse de la misma forma que lo hace la mano dominante usando la contraria (Perelle & Ehrman, 2005), por lo tanto es una medida determinante de la lateralidad manual.

## **Etiología.**

Hasta el momento se desconoce la etiología precisa de la lateralidad manual. Se han planteado diversas hipótesis que buscan dar explicación a la génesis de la zurdera, las cuales establecen tanto factores biológicos como socioculturales (Corballis, 2014).

Se cree que un gran número de factores ambientales como la estación al momento de nacimiento, influencias culturales, experiencia visual diferencial de las manos, la influencia parental, entre otros pueden tener un papel importante al determinar la preferencia manual (Ocklenburg, Beste & Arning, 2014).

Históricamente se han desarrollado diversas teorías que explican la influencia del ambiente sobre la lateralidad manual (Kolb & Whishaw, 2015): La utilidad conductual, también conocida como la hipótesis de la espada y el escudo o la hipótesis de las guerras del Peloponeso, se refiere a que el guerrero sostenía el escudo con la mano izquierda para proteger mejor el corazón, incrementando sus posibilidades de supervivencia, desarrollando una mejor habilidad con la mano derecha para realizar tanto movimientos ofensivos como defensivos y eventualmente usándola para la mayoría de las tareas. La hipótesis de utilidad conductual enfocada en las mujeres describe que las madres cargaban a sus hijos con la mano izquierda para tranquilizarlos con el ritmo del corazón, así la madre como el soldado tenía disponible la mano derecha para realizar el resto de actividades. La teoría del reforzamiento ambiental, se refiere a la lateralidad manual establecida según las contingencias medioambientales y sociales de reforzamiento disponibles durante el desarrollo.

Por otro lado, hay postulados como la teoría del accidente cerebral que señala que hay una predisposición innata para emplear la mano derecha, y que las personas zurdas desarrollan una lateralidad manual distinta debido a un déficit cerebral consecuente a algún accidente (Cuencas

et al., 1990), como la asociación encontrada entre la presencia de meningitis bacterial y el desarrollo de una preferencia manual zurda (Ramadhani, Koomen, Grobbee van Donselaar, van Furth & Uiterwaal, 2006).

Una teoría que liga la etiología de la zurdería con daño cerebral fue propuesta por Bakan (1971), quien sugirió que en un mundo perfecto todos serían diestros, pero que debido a daño neurológico perinatal, parte de la población cambiaría la dominancia cerebral de la praxis al hemisferio derecho, dando como resultado la zurdería. Por otro lado, se ha sugerido que el riesgo de estrés durante el parto podría tener un componente genético, de tal forma que la lateralidad manual no sería en sí misma una característica heredada, sino que debido a la carga genética se corre más riesgo de un parto anormal (prematuro, prolongado o múltiple), el cual impactaría en la preferencia manual de los individuos (Bakan, Dibb & Reed, 1973). En apoyo a esta teoría, Coren (1992) reporta que las madres de personas zurdas eran más propensas a presentar partos estresantes y que las personas zurdas eran más propensas a tener hermanos que habrían experimentado partos problemáticos.

Otros autores contemplan el componente genético como un elemento crucial ligado directamente con el desarrollo de la preferencia manual no necesariamente ligado a daño cerebral (Ocklenburg, Beste & Güntürkün, 2013; Ocklenburg et al., 2014) y se ha sugerido que la lateralidad y la asimetría cerebral pudieron haber resultado de una mutación genética en algún punto tras la separación de los homínidos de otros grandes simios (Corballis, 2009).

Annett (1970; 1985; 2002; 2006) propuso una de las teorías genéticas pioneras en cuando a lateralidad manual se refiere. Planteó que la distribución de la lateralidad podría estar influenciada por la presencia del gen *RS*, el cual proporcionaría una predisposición innata a desarrollar una determinada lateralidad manual que culminaría siendo determinada por la



interacción de esta predisposición con las influencias ambientales. La teoría del desplazamiento a la derecha, “Right Shift” o “RS” por sus siglas en inglés, sugiere que las asimetrías laterales se deben a diferencias en los lados del cuerpo, y que el gen RS+ -presente en algunos pero no todos los individuos- le proporciona una ventaja al hemisferio cerebral izquierdo.

Annett (2006) describe cinco elementos o niveles principales de la teoría RS. El primero representa al azar como un agente universal de asimetría. Durante el proceso de crecimiento, pueden presentarse “accidentes” que alteran el desarrollo del individuo y que lo llevan a ocupar un lugar en una gran curva de distribución normal. Bajo esta curva se encuentra distribuida la población según su preferencia manual. Para la mayoría de las personas (ubicadas en el centro de la distribución), no hay diferencias notorias entre los lados del cuerpo, pero a los extremos pueden encontrarse asimetrías.

El segundo elemento de la teoría se refiere al gen RS+ que induce una ventaja en el hemisferio cerebral izquierdo. Se cree que la presencia de este gen puede sesgar la posición de cada individuo en la curva normal. Así, el efecto del gen sobre las asimetrías físicas en mano y cerebro se espera que sea sumatorio.

El tercer nivel se refiere a las variaciones genotípicas RS. En individuos homocigóticos para el alelo RS+, designado como RS++, el cambio los posiciona aproximadamente dos desviaciones estándar a la derecha de la neutralidad (favoreciendo a la mano derecha sobre la izquierda o al hemisferio cerebral izquierdo sobre el derecho), para los heterocigóticos RS+-, el cambio es aproximadamente de una desviación estándar a la derecha, y para aquellos homocigóticos para el alelo RS, designado como RS--, la distribución se centra en el punto de neutralidad. El genotipo RS-- no proporciona ventaja alguna al hemisferio izquierdo, por lo que la dirección de la lateralización de la preferencia manual se asigna aleatoriamente, según las

contingencias ambientales. El genotipo RS+- proporciona cierta ventaja sobre el hemisferio izquierdo y el genotipo RS++ proporciona una ventaja aún mayor; aun así todos tendrán la posibilidad de manifestar fenotípicamente zurdera (algunos con mayor probabilidad que otros). Así este gen no determina la lateralidad diestra directamente, pero incrementa la probabilidad de tener más habilidad motriz con el lado derecho del cuerpo.

El cuarto nivel se refiere al grado de cambio o el efecto del gen RS+ en el desplazamiento de la distribución azarosa a la derecha. Los cambios son estimados en aproximadamente 1.0z por gen en los varones y 1.2z en las mujeres. Estas estimaciones se reducen aproximadamente un 33% en los gemelos.

Finalmente, el quinto nivel del modelo se refiere a los puntos de corte o umbrales a lo largo de la línea base de asimetrías en la habilidad manual, que se asocian con varias expresiones de la preferencia manual. Se espera que estos umbrales varíen según las presiones culturales. En el extremo izquierdo se encuentran las personas que se desempeñan en todas las acciones con la mano izquierda (zurdos consistentes), menos a la izquierda se posicionan las personas que escriben con la mano izquierda pero que desempeñan otras actividades finas con la mano derecha y a la derecha se ubican las personas que escriben con la derecha y que también son capaces de utilizar la mano izquierda para algunas otras actividades.

Por otro lado, McManus (1985; 1999; 2002), propone el modelo de “dextralidad/oportunidad”, según el cual, la lateralidad manual es el resultado de la influencia de dos alelos codominantes: un alelo Dextralidad (D) que especifica lateralidad diestra y un alelo de Oportunidad (C) que no determina la dirección de la lateralidad pero le permite ser aleatoria o azarosa. Los homocigóticos para CC poseen una probabilidad de 50:50 de desarrollarse como diestros o zurdos, mientras que los heterocigóticos CD tienen un 25% de probabilidad de ser

zurdos y un 75% de ser diestros. Según este modelo, los homocigóticos DD deberían ser siempre diestros (Armour, Davison & McManus, 2014).

En 1993, McManus, Shergill y Bryden hacen una crítica al modelo de Annett, cuestionando las frecuencias con las que se describen los alelos, las ventajas heterocigóticas en la reproducción, la falta de pruebas sobre los costos en los homocigóticos, la confusión que se puede generar entre genotipo y habilidad, y una distinción ambigua entre los genotipos al momento de la selección. Mencionan que para Annett, la habilidad es una consecuencia primaria del genotipo siendo la preferencia manual secundaria a ésta, mientras que ellos plantean lo opuesto.

Siguiendo la misma línea de investigación, se ha encontrado evidencia de que el componente genético es de gran relevancia. Desde las etapas embriogénicas, los humanos muestran tendencias a realizar ciertos actos motores preferentemente con una mano, por ejemplo succionar un dedo (Hepper, Wells & Lynch, 2005). Estudios recientes con gemelos, basados en miles de familias, indican que entre el 21 y el 24% de causa de la zurdera puede explicarse por efectos genéticos (Medland et al., 2009), encontrando relevante además, el hecho de si a los sujetos se les obligó a emplear su mano derecha durante la infancia (Vuoksima et al., 2009).

Ejemplos de genes que se han relacionado con la preferencia manual son el LRRTM1, PCSK6 y AR, no obstante, la varianza en la preferencia manual individual explicada por uno solo de estos factores es típicamente baja, además los hallazgos son difícilmente replicables por grupos distintos de investigadores. Así mismo, se sabe muy poco sobre las interacciones epigenéticas entre diferentes factores genéticos y ambientales con la preferencia manual, por lo que diversos autores han argumentado modelos multifactoriales complejos para explicar la ontogénesis de la lateralidad manual (Ocklenburg et al., 2014).

McManus, Davison y Armour (2013) recabaron información sobre diversos estudios de asociación del genoma completo (GWASs por sus siglas en inglés) donde se proponen genes que podrían estar implicados en la lateralidad manual y estimaron el número de locus genéticos involucrados entre 30-40 sugiriendo que podría ser mucho más largo. Con estos datos, McManus reconceptualiza su modelo genético incorporando  $n$  cantidad de locus, donde por cada uno se presentarán las mismas variables homocigóticas o heterocigóticas que en su modelo original y que darán como resultado un poder de inferencia estadística muy similar al que aportaba anteriormente y que había demostrado ser predictivamente fiable (McManus & Bryden, 1992). Por su parte, Armour et al. (2014), realizaron un genotipado de polimorfismos de un nucleótido único (SNP, por sus siglas en inglés) y el fenotipo de lateralidad manual en una muestra de casi 4000 participantes. Los análisis de concordancia realizados para la preferencia manual, determinada por la escritura, en gemelos dicigóticos y en monocigóticos no revelaron un incremento significativo de concordancia en los gemelos monocigóticos. Los autores discuten que esta ausencia de incremento de concordancia excluye factores genéticos simples y altamente penetrantes en la lateralidad manual, resultando carente de fundamento afirmar que un sólo gen esté implicado en la preferencia manual. Los avances en los estudios de neurogenética han arrojado evidencia de decenas de genes que podrían estar implicados en la lateralidad manual y que no han sido estudiados, desconociendo con precisión el locus de un gen particular para la preferencia manual, además de considerarla como un complejo fenotipo multifactorial (Corballis 2009; Medland et al., 2009; Corballis, Badzakova-Trajkov & Häberling, 2012; Ocklenburg et al., 2013).

Dentro de las hipótesis biológicas de la preferencia manual también destacan las que le atribuyen a la testosterona un papel importante en el desarrollo de las asimetrías cerebrales.

Geschwind y Galaburda (1985), plantearon la hipótesis de que elevados niveles de testosterona prenatal durante el desarrollo temprano enlentecen el desarrollo de algunas partes del hemisferio izquierdo, prediciendo que concentraciones elevadas de testosterona prenatal se relacionan con un decremento de la lateralización del lenguaje al hemisferio izquierdo y un incremento en la incidencia de la zurdera en esta población. Por su parte, Witelson y Nowakowski (1991) plantean la hipótesis callosa, basándose en el hallazgo de que los varones diestros poco consistentes con las pruebas de lateralidad manual, poseen áreas callosas más largas que los diestros consistentes. Esta hipótesis implica que la testosterona prenatal incrementa la poda axonal en el cuerpo calloso, prediciendo una reducción en la transferencia interhemisférica de información, al grado que la lateralización incrementaría. Medland et al. (2005) pusieron a prueba estas hipótesis al estudiar el gen AR (receptor de andrógenos), localizado en el cromosoma Xq11.2-q12 y el cual codifica para factor de transcripción nuclear que media las acciones de la testosterona y la dihidrotestosterona. Al enfocar su análisis en la secuencia CAG del exon 1, encontraron que las mujeres con secuencias CAG más largas eran más propensas a ser zurdas, observando un efecto contrario en los varones, donde las secuencias CAG más largas se correlacionaron con una incidencia menor de zurdería. Ya que se cree que la longitud de la sección CAG se correlaciona positivamente con los efectos de la testosterona en varones y negativamente en las mujeres, concluyen que consistentemente con la hipótesis callosa, la probabilidad de zurdera incrementa en aquellos individuos con variantes en el gen AR asociados con niveles más bajos de testosterona. Más recientemente, Arning et al. (2015) encontraron que los hombres ambidiestros diferían de los fuertemente lateralizados a la derecha o la izquierda en la longitud de sus secciones CAG del gen AR. Los hombres con un coeficiente de lateralización absoluto menor, indicando ambidextralidad, se asociaron con secciones CAG significativamente más largas.

Estos datos ilustran la complejidad de los mecanismos de acción hormonal que podrían estar implicados en la lateralización de funciones y en la asimetría cerebral, sin embargo no existe un consenso donde se establezca el papel claro de la testosterona en la preferencia manual.

### **Distribución de la preferencia manual.**

El dato que más se reporta en la literatura indica que aproximadamente 10% de los humanos prefieren usar su mano izquierda para la mayoría de acciones que requieren manipulación de objetos, tales como la escritura, el uso de tijeras, el cepillado de dientes, entre otras (Perelle & Ehrman, 2005; Willems et al., 2014), no obstante se estima que la tasa de zurdos pueda oscilar entre el 4 y el 16% de la población, dependiendo de los factores biológicos, sociales y culturales (Vuoksima et al., 2009; Hernández-Llanes, 2011; Galán & del Río, 2012; Kushner, 2013; Williems et al., 2014). Además se ha reportado que la prevalencia de zurdería es superior en hombres que en mujeres (Halpern, Haviland & Killian, 1998; Guadalupe et al., 2014), efecto que se ha relacionado con las hipótesis hormonales de la etiología. Ya que los fetos varones producen más de 2.5 veces los niveles de testosterona observados en las mujeres y que la exposición prenatal a esta hormona produce efectos organizadores en el cerebro y el comportamiento, podría existir una relación entre sus niveles prenatales y el desarrollo de la lateralización cerebral que permitiría explicar estas diferencias sexuales (Vuoksima, Eriksson, Pulkkinen, Rose & Kaprio, 2010).

En 1994, Perelle y Ehrman elaboraron un cuestionario que se tradujo en 8 idiomas distintos, el cual fue distribuido entre investigadores alrededor del mundo. Recibieron de regreso 11074 cuestionarios que pudieron ser usados para obtener información estadística de 32 países, tomando la escritura como principal indicador de la preferencia manual. La proporción de zurdos

en su muestra fue de 2.5% (siendo México el país con menor porcentaje de zurdos) hasta 12.8% (Canadá), con una proporción promedio de 9.5% (Perelle & Ehrman, 2005). Otros autores reportan que en general las tasas más altas de zurdos (15-20%) se encuentran en Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña y Europa occidental, mientras que las tasas más bajas (.06-2.8%) se presentan en el Congo, China y Taiwan, por lo que se describe que la prevalencia de zurdos es significativamente menor en Asia y África en comparación con occidente y la Australia no aboriginal. Este efecto se atribuye en gran parte, a la permisividad existente en cada cultura con respecto al empleo de la mano izquierda (Zverev, 2006; Kushner, 2013).

Además, estudios revelan que la prevalencia de lateralidad varía con la edad, siendo la incidencia de zurdería en la población general de aproximadamente 13% durante la adolescencia, decreciendo gradualmente y llegando al 6% durante la séptima y la octava década de vida (Szaflarski, Binder, Possing, McKiernan, Ward & Hammeke, 2002; Vuoksima et al., 2009). Uno de los aspectos que se ha asociado con estos resultados es el papel que juega la presión social en distintas épocas y lugares pues la lateralidad manual zurda declina conforme la población envejece, siendo las personas más grandes quienes en su juventud fueron obligadas a adoptar la derecha como mano dominante, de forma que pareciera que escasean los ancianos zurdos (Hugdahl et al., 1993; Vuoksima et al., 2009). Se ha observado que este aspecto varía según el tiempo y la cultura donde se desarrollan las personas, siendo más flexibles y permisibles con el empleo de la mano izquierda en los últimos años en comparación con hace 20, 30, 40 o 50 años y en países occidentales en comparación con los orientales, donde se les obliga a emplear la mano derecha para la mayoría de las actividades (Vuoksima et al., 2009; Kushner, 2013).

A pesar de que se reportan distribuciones diferentes de la lateralidad manual en el mundo, en la actualidad, no se reporta en la literatura una cifra aproximada de la tasa de zurdos en

nuestro país.

### **Asimetría cerebral y lateralidad manual.**

Se han encontrado diferencias neuroanatómicas entre zurdos y diestros, reportando una mayor profundidad del surco central izquierdo en personas diestras y una mayor profundidad del mismo surco contralateral en personas zurdas, sugiriendo una mayor conectividad y un incremento en la superficie intrasulcal en el hemisferio especializado en las labores manuales (Amunts et al.,1996). Por otro lado, Foundas et al. (1998) examinaron la morfología del giro precentral en una muestra de 15 zurdos y 15 diestros empleando volumetría por resonancia magnética, encontraron asimetrías que favorecían al hemisferio izquierdo en el área motora de la mano en el giro precentral en los diestros, sin embargo no se encontraron asimetrías direccionales en el grupo de zurdos.

En una investigación de Hervé, Crivello, Perchey, Mazoyer & Tzourio-Mazoyer, (2006) se realizó un análisis de morfometría basada en voxel a través de MRI. Se midieron asimetrías anatómicas en 56 hombres diestros y 56 zurdos, encontrando efectos significativos de la preferencia manual sobre los patrones de asimetría anatómica en las regiones frontales, particularmente en los surcos centrales y precentrales, así como en el *planum temporale*, presentando los participantes diestros estructuras más grandes en el hemisferio izquierdo y mostrando también mayor asimetría interhemisférica en comparación con los zurdos.

Powell et al. (2012) analizaron imágenes obtenidas por Resonancia Magnética de una muestra de 40 zurdos y 42 diestros, encontrando diferencias estructurales en áreas del giro frontal inferior correspondientes al *pars opercularis*. Reportaron que el giro frontal inferior era discontinuo, siendo este efecto más común en el hemisferio derecho en los diestros y en el



hemisferio izquierdo en zurdos.

Guadalupe et al. (2014) realizaron un análisis de las diferencias del área cortical entre 106 zurdos y 1960 diestros, encontrando asociaciones entre la lateralidad manual y la superficie del surco precentral superior bilateral; se observó una mayor área en diestros que en zurdos.

Las asimetrías neuroanatómicas reportadas podrían asociarse con la especialización hemisférica referente al control motor. Es bien sabido que en la circunvolución precentral existe una representación topográfica del cuerpo, y que la mayoría de las fibras nerviosas provenientes de los lóbulos frontales que transmiten información eferente hacia la médula espinal, decusan en algún punto de sus vías, dando como resultado el procesamiento contralateral de la información motora (Guyton & Hall, 2011), por lo que no es de sorprender encontrar diferencias neuroanatómicas y funcionales relacionadas con la lateralidad manual, en regiones frontales contralaterales especializadas en el control motor como son la corteza motora primaria, el área premotora y el área motora suplementaria.

En una investigación realizada por Hervé et al. (2005), analizaron por medio de regresión múltiple y mostraron una correlación positiva entre la ejecución en una prueba de tapping con la mano derecha y el volumen de sustancia gris del surco central izquierdo, pero negativa con el hemisferio contrario en un grupo de diestros. En zurdos se encontró una correlación positiva entre la ejecución con la mano no dominante (derecha) y el volumen de sustancia gris en el surco central ipsilateral pero no en el contralateral. Los autores argumentaron que sus resultados podrían deberse a las diferencias en la organización de los sistemas motores de ambos grupos, concerniendo a una especialización del hemisferio izquierdo para movimientos repetitivos rápidos en los diestros que puede ser diferente en los sujetos zurdos.

Klöppel et al. (2007) encontraron que la lateralidad manual estaba asociada con diferencias

en el control motor bimanual en un paradigma go/no go. En diestros, la corteza premotora dorsal izquierda y derecha, así como la corteza somatosensorial derecha, permanecieron más activas durante movimientos bilaterales que durante los unilaterales. En zurdos, la actividad de estas áreas fue comparable tanto en tareas unimanuales como en bimanuales, por lo que concluyen que el incremento de la actividad en las áreas corticales mencionadas en los diestros se relacionan con su capacidad de ejecutar tareas bimanuales, algo que no parece ser necesario en los zurdos puesto que no se encontraron diferencias durante el desempeño.

La idea de que las dos mitades de corteza cerebral desempeñan funciones cognitivas diferentes no es del todo reciente. Desde las observaciones de Paul Broca y Carl Wernicke en el siglo XIX, así como el trabajo confirmatorio de Sperry un siglo más tarde acerca de la lateralización del lenguaje, se han intentado esclarecer las funciones que recaen en cada hemisferio cerebral. Ahora se sabe que en los humanos, el hemisferio izquierdo ha mostrado participar en funciones asociadas con el lenguaje, como la gramática y el vocabulario, así como con funciones lógicas y analíticas. Por su parte, el hemisferio derecho se ha asociado con funciones no verbales como las habilidades visuoespaciales, tareas intuitivas y sensoriales (Agcaoglu, Miller, ayer, Hugdahl & Calhoun, 2015). La preferencia manual ha sido estudiada en relación con la lateralización de estas funciones cognitivas (Guadalupe et al., 2014).

Se ha encontrado una mayor incidencia en la lateralización del lenguaje bilateralmente y en el hemisferio derecho en zurdos en comparación con personas diestras, quienes presentan un patrón de especialización unilateral referido al hemisferio izquierdo (Powell et al., 2012). En porcentajes, se ha encontrado que el 96% de diestros procesan el material verbal empleando el hemisferio izquierdo, observando el mismo tipo de procesamiento en el 73% de los zurdos (Szaflarski et al., 2002).

Las diferencias en cuanto a especialización hemisférica también pueden observarse por medio de la técnica de electroencefalografía (EEG). Nielsen, Abel, Lorrain y Montplaisir desde 1990 documentaron que los patrones de actividad eléctrica cerebral son distintos entre diestros y zurdos. Encontraron que la coherencia interhemisférica es mayor en zurdos, en regiones occipitales, durante la vigilia y las etapas 2 y MOR de sueño, pero no durante el sueño de ondas lentas, sugiriendo un procesamiento cognitivo distinto tanto durante la vigilia y como durante el sueño. Recientemente Ng y Leong (2014) replicaron esos hallazgos e incluso proponen que se puede detectar la “auténtica” lateralidad manual por medio de un análisis de coherencia interhemisférica medida a través del EEG en regiones occipitales, esto fundamentado en sus propios resultados y en publicaciones anteriores donde se describe que generalmente las personas zurdas poseen áreas del cuerpo calloso más grandes y por lo tanto mejor comunicación interhemisférica y menor especialización de los hemisferios cerebrales para diversas funciones cognitivas (Luders et al., 2010).

### **Desempeño cognitivo y lateralidad manual.**

El por qué algunos individuos son zurdos y cómo impacta la lateralidad manual en las habilidades cognitivas ha sido una interrogante aún no resuelta en el campo de las neurociencias. El desempeño cognitivo relacionado con la lateralidad manual se ha discutido desde hace tiempo, pero los resultados no han sido consistentes entre las investigaciones. En 1989, Annett y Manning asociaron la fuerza de la preferencia manual determinada mediante una prueba de tapping, con la inteligencia evaluada por medio de las Matrices de Raven, en niños de edad promedio de 8.7 años, donde aquellos que mostraron una fuerte preferencia manual diestra obtuvieron puntajes menores que aquellos niños donde la preferencia manual no era tan marcada.

Un año más tarde, reportaron en la misma muestra resultados similares al evaluar la habilidad de lectura (Annett & Manning, 1990a). En otro estudio, las mismas autoras encontraron una relación lineal donde los niños con menor fuerza de lateralización manual mostraron un mejor desempeño en tareas que requerían de habilidades matemáticas (Annett & Manning, 1990b). En resumen, los hallazgos de este grupo de investigación indican un mejor desempeño en niños que no se posicionan en los extremos de lateralización (completamente diestro o completamente zurdo). McManus et al. (1993) cuestionan los trabajos de estas autoras debido al tipo de análisis realizado entre grupos, ya que consideran una clasificación y agrupación inadecuada de los participantes. Ellos no fueron capaces de replicar los resultados de Annett y Manning (1989) en una muestra de estudiantes universitarios, encontrando una tendencia (no significativa) en favor de los diestros en pruebas de inteligencia.

Se ha encontrado que algunos grupos de zurdos se benefician al realizar tareas de funcionamiento ejecutivo. Halpern et al. (1998) encontraron que los zurdos obtenían mayores puntajes en una tarea de razonamiento verbal, la cual se asocia con una planeación eficiente, estrategias organizacionales y la capacidad de integrar información. En contraste con esta investigación, Powell, Kemp y García-Fiñana (2012) encontraron que los zurdos obtenían puntajes significativamente menores en tareas de memoria de trabajo que empleaban estímulos auditivos, particularmente en zurdos que mostraron lateralidad diestra para el dominio del lenguaje, concluyendo que la especialización hemisférica del lenguaje puede ser un factor importante que influya en el desempeño de tareas de memoria de trabajo independientemente de si la persona con lateralidad izquierda para el lenguaje era diestra o zurda. Así mismo, una disociación entre la especialización hemisférica del lenguaje y las habilidades espaciales se asoció con mayores puntajes en tareas de organización perceptual, indicando que las diferencias

encontradas entre zurdos y diestros podrían relacionarse con la forma en que el lenguaje y las habilidades espaciales se lateralizan hacia uno u otro hemisferio, lo cual a su vez se asocia con la preferencia manual de las personas, pues más participantes zurdos mostraron tener la función del lenguaje lateralizada hacia el hemisferio derecho y las habilidades espaciales hacia el hemisferio izquierdo.

Por su parte, Reio, Czarnolewski y Elio (2004) realizaron una investigación donde se buscó encontrar factores de predictibilidad en la preferencia manual, encontrando una asociación significativa en habilidades espaciales (evaluadas con tests de laberintos, figuras ocultas y perspectivas de cubos) con una mayor zurdería o menor dextralidad evaluadas con la escala de Annett. Concluyeron que habilidades como la velocidad de la exploración visual, la detección de estímulos visuales en un contexto similar y la rotación mental parecen estar relacionadas con una organización cerebral hemisférica derecha. Por otro lado, encontraron que mejores puntajes en memoria visual (recordar la localización de objetos tras 20 minutos de demora), se relacionaron con una mayor dextralidad o una menor zurdería.

A nuestro conocimiento, la primera evaluación del rendimiento cognitivo en diestros y zurdos empleando la tercera edición de la Escala Weschler de Inteligencia para Adultos WAIS-III fue realizada por Portellano, Torrijos, Matínez-Arias y Vale (2006). En esta investigación participaron 25 sujetos diestros y 25 zurdos de entre 22 y 28 años, incluyendo varones y mujeres en ambos grupos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de diestros y zurdos en las puntuaciones correspondientes al cociente intelectual verbal y al cociente intelectual manipulativo, concluyendo y reiterando lo encontrado en investigaciones anteriores revisadas por los autores donde no difiere el CI total entre zurdos y diestros. No obstante, encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor de los diestros en la escala

compuesta de velocidad de procesamiento. También se encontraron diferencias significativas a favor de los diestros en el subtest de aritmética, así como diferencias favorables para los zurdos en el subtest de figuras incompletas.

Un estudio donde se implementó la tarea Stroop reveló que en un grupo de 90 adultos griegos con estudios universitarios, los zurdos superaban a los diestros en su habilidad de inhibir respuestas (Beratis, Rabavilas, Papadimitriou & Papageorgiou, 2010). En otra investigación, Galán y del Río (2012) no encontraron diferencias en habilidades de visuopercepción, memoria espacial, relaciones espaciales y rotación mental entre grupos de participantes zurdos y diestros, pero encontraron una tendencia cercana al nivel de significancia estadística al valorar la memoria espacial mediante la prueba de Figura de Rey, lo que sugiere una ejecución ligeramente mejor en el recuerdo y reproducción de elementos en el grupo de participantes diestros. Además encontraron diferencias significativas en una tarea de atención visuoespacial en favor de los participantes diestros. Otro equipo de investigación reportó que los zurdos presentaban ventajas sobre los diestros en la ejecución del Trail Making Test B y en el test de Secuencia de Letras y Números de las escalas Weschler, encontrando en este último un efecto de sexo, favoreciendo a los hombres (Beratis, Rabavilas, Kyprianou, Paadimitriou & Papageorgiou, 2013). Sin embargo, se sugiere no generalizar los hallazgos ya que otros estudios realizados con muestras diferentes, no logran replicar los resultados, colocando a la escolaridad como un factor importante en el desempeño de estas pruebas (Beratis et al., 2013).

En una reciente investigación donde participaron 436 adultos (Mellet et al., 2014), de los cuales 199 fueron zurdos y 237 diestros, se obtuvieron diversas mediciones referidas a la lateralidad como la lateralidad autorreportada, la fuerza de la preferencia manual (medida a través del Inventario de Edimburgo), la sinistralidad familiar (presencia de zurdería en familiares

de primer grado) y el índice de asimetría en el desempeño motor manual (test de tapping con el dedo). Así mismo se obtuvieron mediciones de habilidades verbales (evaluadas por medio de los tests de recuperación de palabras de Rey, generación de verbos, búsqueda de sinónimos, span de lectura y rítmica con pseudopalabras) y habilidades visuoespaciales (test de rotación mental, test de Cubos Corsi, laberinto en 3D y las matrices de Raven). Se encontró que tanto la lateralidad autorreportada como la sinistralidad familiar afectaban a la fuerza de la preferencia manual, determinada por el número de actividades realizadas con una determinada mano (Inventario de Edimburgo). Los participantes diestros estaban casi cuatro veces más fuertemente lateralizados en comparación con el grupo de zurdos. Dentro de este último grupo, se encontró que la probabilidad de estar fuertemente lateralizado aumentaba 1.5 veces cuando existía una sinistralidad positiva en la historia familiar.

A través del análisis de componentes principales, las tareas cognitivas se categorizaron en tres componentes: uno espacial (medido a través de un test de rotación mental, el test de cubos de Corsi, un laberinto en 3D y las matrices de Raven), uno léxico (que incluyó la prueba de vocabulario, fluidez verbal y de rimas) y uno de memoria (representado por el test de aprendizaje verbal auditivo, el test de span de lectura y el de rimas). Se encontró que el índice de asimetría de desempeño motor tuvo un efecto sobre cada uno de estos componentes, de forma que las personas más lateralizadas a la derecha obtuvieron puntajes más altos en tareas espaciales, léxicas y mnésicas. Por otro lado, las personas lateralizadas con menor fuerza y aquellas con sinistralidad positiva obtuvieron menores puntajes. Al analizar si existía efecto de sexo, se encontró que los hombres superaron a las mujeres solamente en el componente espacial, pero no se encontraron diferencias entre sexos en los dos componentes restantes. La variable del nivel de escolaridad se asoció positivamente con los tres componentes, especialmente con el léxico; por

otro lado, también se buscaron efectos de la edad de los participantes sobre el desempeño cognitivo y se encontró que a mayor edad, se presentaba un efecto de decremento en los puntajes de las tareas de los componentes espacial y de memoria, pero no se observaron efectos sobre el componente léxico.

En cuestiones relacionadas estrictamente con la lateralidad, se encontró que la fuerza de lateralización fue mayor en diestros que en zurdos, además en este último grupo se encontró una probabilidad mayor de presentar historia de sinistralidad positiva. Finalmente, la historia de sinistralidad en la familia se relacionó con una mayor probabilidad de estar fuertemente lateralizados, independientemente de la preferencia manual. No se encontraron interacciones entre la lateralidad manual y el desempeño en las tareas de habilidades cognitivas.

Todo lo dicho anteriormente enmarca que existen asimetrías cerebrales tanto anatómicas como funcionales entre zurdos y diestros que si bien no han sido caracterizadas de forma rigurosa como para establecer patrones de organización anatomofuncional concluyentes, fundamentan la necesidad de estudiar la lateralidad como un factor importante que pudiera impactar en el desempeño cognitivo de estas poblaciones, tomando en cuenta que la edad y el sexo son variables que deben controlarse en este tipo de investigaciones pues podrían generar correlaciones espurias que no correspondan estrictamente a asociaciones entre la lateralidad manual y la cognición.



## **II. Habilidades visuoconstruccionales y memoria visuoespacial.**

Es habitual encontrar en textos de neuropsicología, que la cognición espacial puede referirse a una gama amplia de habilidades que involucran el manejo del espacio para la organización de los movimientos en diversos contextos (Rains, 2004; Kolb & Whishaw, 2015), donde los estímulos pueden ser localizados a partir de una perspectiva egocéntrica, relacionada con el procesamiento espacial de los lóbulos parietales, en el cual la localización de los estímulos se estima en relación con la cognición propioceptiva que involucra el conocimiento de la ubicación del propio cuerpo en el espacio, lo que permite el control de las acciones que se realizan hacia los objetos, o visión para la acción; pero también se distingue el procesamiento allocéntrico, relacionado en mayor parte con estructuras temporales del reconocimiento visual, las cuales permiten identificar las propiedades de los objetos que son necesarias para la construcción de un recuerdo de localización espacial, tomando como referencia la posición de los objetos en relación con otros (Kolb & Whishaw, 2015). Ambos sistemas permiten la codificación y manipulación de la información espacial con diversas finalidades conductuales, pero considerando como sistema básico el procesamiento visual.

### **Sistema de procesamiento visual.**

La percepción visual constituye una fuente sumamente importante de conocimiento acerca de la organización y la estructura del mundo espacial. Provee información sobre todo, desde la estructura de cosas o escenas, hasta la localización de objetos y el seguimiento de los mismos cuando se encuentran en movimiento (Stiles, Akshoomoff & Haist, 2013; Kolb & Whishaw, 2015). El procesamiento visuoespacial engloba una amplia variedad de habilidades neurocognitivas que van desde la capacidad de analizar cómo las partes o características de un

objeto se combinan para formar un todo organizado, hasta el procesamiento espacial interactivo y dinámico requerido para seguir el movimiento de los objetos, visualizar el desplazamiento, y localizar, atender o alcanzar objetos en un arreglo espacial. La percepción visual adecuada permite una acción efectiva y precisa en el mundo, así como una fuente amplia de entradas sensoriales requeridas para la implementación de funciones cognitivas a través de distintos dominios (Stiles et al., 2013).

Desde la década de los 80's se ha propuesto el modelo de un sistema visual cortical dividido en las vías de procesamiento ventral y dorsal (Ungerleider & Mishkin, 1982). Estas vías fueron originalmente identificadas en los monos como dos vías anatómica y funcionalmente distintas que se originan en la corteza estriada. La vía ventral fue descrita cursando a través de la corteza occipitotemporal hacia áreas temporales anteriores, y se le ha atribuido el procesamiento de información acerca de las propiedades visuales de los objetos y patrones, por lo se ha descrito como la vía del “qué” (Stiles et al., 2013); por su parte, la vía dorsal cursa a través de la corteza occipitoparietal y hacia la mitad posterior del lóbulo parietal inferior (Kravitz, Saleem, Baker & Mishkin, 2011), a esta vía dorsal se le atribuyen funciones que involucran el procesamiento de información acerca de la localización espacial, la fluidez óptica y movimiento, así como a la destinación y mantenimiento de la atención espacial, por lo tanto es comúnmente descrita como la vía del “dónde”. Recientes investigaciones sugieren una participación importante de esta vía en tareas de movimiento visualmente guiado por lo que se le atribuye la función de integración de funciones visuales y motoras, otorgándole así mismo la caracterización de la vía o el sistema del “cómo” (Rizzolatti & Matelli, 2003). Adicional a estas dos vías, recientemente se reporta una tercera vía multimodal paralela a las dos anteriores, que corre a través del surco temporal superior y que se encarga de integrar la información de las vías ventral y la dorsal, confiriéndole

el procesamiento de la percepción de los objetos así como la de ciertos tipos de movimientos (Kolb & Whishaw, 2015).

Al menos tres vías principales que proyectan desde el lóbulo parietal han sido descritas (Kravitz et al., 2011) y se describen a continuación:

1) Vía parieto-prefrontal: conecta el circuito occipito-parietal con la región pre-arcuata y las porciones caudales de la corteza prefrontal. La primera conexión está involucrada fuertemente en el control top-down de los movimientos oculares mientras que la segunda se asocia con la memoria de trabajo de tipo espacial.

2) Vía parieto-premotora: comprende dos proyecciones paralelas, una que se dirige hacia la corteza premotora dorsal y otra proyectando hacia la corteza premotora ventral. Esta vía juega un papel importante en el movimiento visualmente guiado pues participa en el movimiento ocular, en el alcance y asimiento de objetos.

3) Vía parieto-temporal medial: envía información al hipocampo, áreas parahipocampales posteriores, corteza cingulada posterior y la corteza retrosplenial. La formación hipocampal, que constituye la estructura final de esta vía se ha visto implicada en el procesamiento espacial complejo requerido para la navegación en el ambiente; así el procesamiento a través de esta vía se enfoca en la información relevante para la navegación, en la percepción y estimación de distancias y espacio, así como en marcos de referencia visuoespaciales para el movimiento del cuerpo completo y la dirección de la cabeza, en el aprendizaje de rutas y la memoria espacial a largo plazo (Kravitz et al., 2011).

### **Habilidades visuoespaciales.**

El procesamiento visuoespacial no se refiere a una simple función cognitiva sino a un conjunto de habilidades diferentes que han sido delimitadas por sus características funcionales y el correlato neuroanatómico de las mismas. Banich (1997) sugiere que las áreas parietales en los humanos son importantes para la computación de los objetos en el espacio y para la integración de información acerca de la localización y de los movimientos corporales de forma que la persona puede dirigir sus movimientos, ya sea de ojos o de extremidades a una localización particular. Distingue y describe seis habilidades espaciales fundamentales: la localización de puntos en el espacio, la percepción de profundidad, el juicio sobre la orientación de líneas, el entendimiento de las relaciones geométricas, la percepción de movimiento y la rotación mental de objetos.

El aspecto que identifica como más básico para el procesamiento espacial es la habilidad de localizar puntos en el espacio y ésta la relaciona con el hemisferio derecho debido a la evidencia arrojada por estudios en los que se observa que el campo visual izquierdo se ve favorecido durante la realización de este tipo de tareas, y a pesar de que la habilidad de localizar información en el espacio se ha examinado principalmente en modalidades visuales, se encuentra un rol similar de regiones parietales para la localización de sonidos en el espacio, observando que al menos para la localización de sonidos no verbales, el hemisferio derecho se ve beneficiado sobre el hemisferio izquierdo (ibídem, 207).

La percepción de profundidad, también llamada stereopsis se refiere a la habilidad específica que permite localizar objetos en un plano lejano o cercano, y se ha dividido en local y global. La stereopsis local se refiere a la habilidad de usar características detalladas locales de los objetos en una forma de punto a punto para determinar su posición relativa, y se ha visto que

puede deteriorarse tanto por lesiones derechas como izquierdas. Por su parte, la percepción de profundidad global requiere de que la disparidad entre la información que llega a cada ojo sea procesada sobre una escena visual completa. Este tipo de procesamiento puede verse afectado cuando se presenta daño en el hemisferio derecho (ibídem, 208).

La capacidad para juzgar la orientación o los ángulos de las líneas corresponde a otro tipo de habilidad visuoespacial básica que parece tener su correlato anatómico en el hemisferio derecho. Lesiones en este hemisferio deterioran la capacidad de discriminar la orientación de líneas tanto de forma visual como táctil. Además se ha visto que personas sanas muestran una ventaja al realizar este tipo de tareas cuando se emplea el campo visual izquierdo; sin embargo, esta ventaja parece limitarse a las orientaciones que no pueden ser fácilmente verbalizadas, ya que para líneas horizontales y verticales se observa una ventaja del campo visual derecho, evidenciando un papel importante del hemisferio izquierdo, clásicamente descrito como subyacente de las habilidades verbales (ibídem, 210).

Las relaciones geométricas también se han descrito como mayormente relacionadas con el hemisferio derecho, no obstante, para el análisis geométrico Euclideo se proveen ecuaciones matemáticas para las propiedades de formas simples que pueden ser fácilmente verbalizadas, de forma que a pesar de que el hemisferio derecho ha sido descrito como especializado para la mayoría de análisis geométricos, el hemisferio izquierdo muestra ser igual de capaz que el derecho para la geometría Euclidea (ibídem, 211).

Banich (1997) describe que las investigaciones con monos muestran que una región particular del cerebro, el giro temporal superior, contiene células que son especialmente sensitivas para la percepción de movimiento y que se activan cuando el animal sigue visualmente el movimiento de un objeto. En los humanos, los estudios de imagenología cerebral sugieren que

el área sensitiva para la percepción de movimientos se encuentra en zonas más dorsales, correspondientes al lóbulo parietal inferior. Además, se ha visto que cuando un individuo debe atender selectivamente a la velocidad de un objeto en movimiento, se activan regiones mediales del lóbulo parietal inferior izquierdo. En este sentido, Hess, Baker y Zihl (1989) describen el caso de una mujer incapaz de percibir el movimiento y que presentó daño localizado en gran parte del hemisferio derecho y en zonas más restringidas del hemisferio izquierdo, así como en los giros temporales medios y superiores bilaterales. Estudios posteriores revisados por Kolb y Whishaw (2015) demostraron la importancia de regiones parietales inferiores y temporoparietales para el análisis del movimiento.

El último aspecto básico de procesamiento espacial que describe Banich (1997) es el de la rotación, que podría ser considerada como una clase especial de detección de movimiento, aunque más que la detección de movimiento de una localización a otra, se refiere al movimiento de un objeto alrededor de su propio eje. Se ha visto que células en regiones temporales superiores y en la región parietal inferior son sensitivas para la rotación de objetos. De la misma forma, se ha visto que la rotación mental requiere de la participación particular del hemisferio derecho, sin embargo, estudios donde se emplean campos visuales divididos son controversiales, ya que algunos reportan ventajas del campo visual izquierdo sobre el derecho, otros lo contrario y algunos no reportan diferencias particulares. Se cree que el tipo de estímulo puede explicar estas diferencias, presentando ventajas el campo visual derecho ante la rotación de estímulos fácilmente verbalizables, mientras que se aprecian ventajas del campo visual izquierdo para la rotación de estímulos con características más espaciales, adicionalmente se ha visto que el hemisferio derecho se especializa en la rotación en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que el izquierdo participa mayormente en una rotación en dirección contraria (ibídem, 214).

Estos datos dejan en claro que a pesar de que suele hablarse de un conjunto de habilidades visuoespaciales, en realidad cada una de ellas puede implicar un procesamiento único que requiere de estructuras neuroanatómicas distintas no sólo a nivel interhemisférico, lo cual dificulta el estudio de las mismas y dirige la investigación hacia cada uno de los subprocesos que las componen.

### **Habilidades visuoconstruccionales.**

La construcción visuoespacial puede ser definida como la habilidad de ver un objeto o un dibujo como un set de partes y construir una réplica del original a partir de sus componentes (Mervis, Robinson & Pani, 1999). Las habilidades visuoconstruccionales requieren de un procesamiento visuoespacial complejo en el cual participan diversas habilidades básicas, que permiten producir de forma motriz un arreglo con propiedades espaciales particulares, a esto también se le ha conocido como praxis construccional (Banich, 1989). Las pruebas de construcción visuoespacial dependen no solamente del componente construccional, pues también involucran la percepción y atención visuoespacial, así como un componente ejecutivo (Trojano & Conson, 2008). Por su parte, Del Giudice et al. (2000), consideran que las habilidades perceptuales visuales y representacionales deben ser consideradas como prerequisites relevantes para la organización de las actividades construccionales.

Estudios donde se emplea fMRI sugieren que mientras la visuopercepción depende de estructuras bilaterales occipito-temporales y parieto-frontales, la visuoconstrucción adiciona estructuras occipito-parietales, frontales y cerebelares bilaterales. Sustentando lo anterior, se ha observado que se puede producir ataxia construccional tras lesiones occipito-parietales, occipito-temporales y frontales tanto en hemisferio derecho como izquierdo (Ino, Asada, Ito, Kimura &

Fukuyama, 2003; Makuuchi, Kaminaga & Sugishita, 2003).

Algunos métodos que se han empleado para la exploración de estas habilidades son la construcción con bloques o la manipulación de cubos de colores para formar figuras. En la investigación y clínica neuropsicológica adicionalmente a estos métodos, se han empleado la copia de figuras complejas como la de Rey-Osterrieth o la de Taylor (Galindo y Villa Molina, Balderas-Cruz, Salvador-Cruz & Reyes-Zamorano, 2010; Lezak, 2012).

### **Figura Compleja de Rey-Osterrieth.**

La Figura Compleja de Rey-Osterrieth (ROCF) es un instrumento empleado para evaluar el funcionamiento neuropsicológico de las habilidades visoespaciales, particularmente la percepción, la construcción y la memoria (Lezak, 2012). El sujeto debe copiar con la mayor precisión posible una figura que representa un estímulo novedoso (pues en la naturaleza no se encuentra una forma similar) y posteriormente evocarla procurando incluir todos los elementos originales.

Esta figura fue publicada en 1941 por el neuropsicólogo suizo André Rey, quien la diseñó para investigar la organización y la memoria de los pacientes con daño cerebral. Consta de 18 unidades perceptuales organizadas alrededor de un rectángulo de base, que se divide en 8 segmentos iguales por líneas horizontales y verticales, que a su vez son intersectadas por dos líneas diagonales; también se incluyen gran variedad de estímulos internos y externos como cruces, un rombo, un círculo, triángulos y gran cantidad de líneas horizontales y diagonales. Cada uno de los elementos puede ser puntuado en una escala de 0 a 2, dependiendo de la precisión, distorsión y localización de su duplicado, obteniendo un puntaje máximo de 36. Por su complejidad, la prueba es especialmente útil para evaluar la planeación, organización e



integración de la información visuoespacial (Rey, 2003). Es una prueba de la cual ya se han obtenido datos normativos para población Mexicana, con ajustes especiales para sexo, edad y nivel educativo (Ostrosky-Solís, Gómez-Pérez, Rosselli, Ardila, & Pineda, 2007; Rivera et al., 2015).

La ROCF ha demostrado una utilidad valiosa para examinar diversos padecimientos neurológicos. Personas con enfermedad de Alzheimer (EA), enfermedad de Huntington (EH) y síndrome de Korsakoff, muestran copias y evocaciones más pobres que participantes controles (Shimamura, Salmon, Squire & Butters, 1987). Ha sido empleado para revelar alteraciones en memoria visuoespacial en personas con esquizofrenia (Calev, Edeist, Kugelmass & Lerer, 1991), pacientes con aneurismas (Diamond & DeLuca, 1996) y traumatismos craneoencefálicos (Ashton, Donders & Hoffman, 2005). En grupos demenciados por EA, demencia frontotemporal (DFT) o demencia vascular (DV), se ha encontrado evidencia incluso de confabulaciones gráficas durante la administración del test (Pelati et al., 2011). En este sentido, se ha utilizado recientemente para la caracterización de demencias que alteran más la preservación de información visuoespacial, que la verbal semántica (Irish et al., 2015)

Dadas sus propiedades psicométricas (Cortés, Galindo y Villa & Salvador, 1996) y la posibilidad de analizarse mediante diversos criterios cualitativos (Osterrieth, 1945 en Rey, 2003; Galindo y Villa, Cortés & Salvador, 1996; Salvador, Cortés & Galindo y Villa, 1996; Anderson, Anderson & Garth, 2001; Martens, Hurks & Jolles, 2014) es una de las pruebas más empleadas en el ámbito de la neuropsicología clínica, particularmente en la evaluación de las habilidades visuoespaciales dentro de las que se encuentran la construcción y la memoria visuoespacial.

La aplicación de este test consta de una fase de copia y una de evocación. Durante la copia se presenta la figura frente al participante, en el centro de su campo visual, se le proporciona una

hoja blanca (comúnmente en posición horizontal) y se le da la instrucción de realizar una reproducción lo más parecida posible al estímulo original, sin girar la hoja y sin borrar trazos. Durante la fase de evocación se le proporciona otra hoja blanca al participante y se le pide que haga una reproducción de memoria del estímulo original tratando de colocar el mayor número de detalles posibles, sin girar la hoja ni borrar trazos; esta fase se realiza minutos después de la copia. El tiempo de demora puede variar desde los 3 minutos tras la elaboración de la copia (Rey, 2003), 20 minutos (Ostrosky-Solís et al., 2007), o hasta 30 minutos después de la misma (Peña-Casanova et al., 2009); durante este tiempo es común que se le presenten al participante tareas de interferencia con contenido verbal (Ostrosky-Solís et al., 2007). En ambas fases se toma el tiempo de ejecución y el aplicador realiza una copia de la reproducción del participante procurando identificar la secuencia de líneas elaboradas para un ulterior análisis cualitativo referente a la organización visuoespacial de los elementos durante la construcción.

La reproducción de la figura puede realizarse empleando un único color, no obstante una forma efectiva de aplicar la ROCF es la de cambio de color, en el cual el evaluador le proporciona colores al participante conforme realiza la reproducción del dibujo para que los emplee a lo largo de la prueba. Se puede indicar el cambio de color cada determinado tiempo (i.e. cada minuto) o se le puede permitir el cambio de forma libre. Se ha visto que esto no perjudica al desempeño sino que por el contrario, puede resultar benéfico al momento de realizar la evocación del dibujo. Una alternativa de este método es proporcionarle los colores al participante antes de que comience la prueba y permitirle que realice el cambio en el momento que desee (Somerville, 2001). La finalidad de esta técnica es obtener una reproducción en la que se pueda apreciar la secuencia en la que el participante realiza los trazos para que pueda ser sometida fácilmente a un análisis cualitativo.

*Sistema de calificación de Osterrieth, 1945.*

Dentro de los sistemas cualitativos que se han planteado para el análisis del desempeño durante la prueba, probablemente el más empleado en la clínica es el método propuesto por Osterrieth (1945, en Rey, 2003). Ya que esta figura consiste en un ensamble que no corresponde con elementos de la vida cotidiana y carece de un sentido léxico semántico, para los participantes consiste en el ensamble arbitrario de elementos geométricos que pueden ser identificados por separado y entre los cuales existen relaciones topográficas, por lo que este sistema permite identificar la forma en que los participantes aíslan las figuras y las relacionan con otras, cómo es que las jerarquizan en formas envolventes y formas incluidas. Osterrieth (1945, en Rey, 2003) jerarquizó estas estrategias en siete categorías que ordena de mayor a menor, por el grado de nivel racional de organización de los elementos donde se incluyen: construcción sobre la armadura, detalles englobados en la armadura, contorno general, yuxtaposición de detalles, detalles sobre fondo confuso, reducción a un esquema familiar y garabato.

*Sistema de calificación de Galindo et al., 1996.*

Derivadas del planteamiento de Osterrieth, se han propuesto diversas técnicas de calificación cualitativa de la ROCF. En 1996, Galindo et al., realizan una crítica al sistema de Osterrieth donde enfatizan que carece de parámetros objetivos que le confieran una confiabilidad inter-evaluador, además observan que las 18 unidades que integran la figura poseen una naturaleza distinta y que por lo tanto no pueden calificarse bajo un mismo criterio. Proponen un sistema mediante el cual se califica la precisión con la que son reproducidos cada uno de los 18 elementos que componen la figura, describiendo errores de rotación, ubicación, repetición, distorsión, angulación deficiente, repaso, omisión, tamaño, sustitución de la figura completa,

confabulación y puntaje. Muchos de estos pueden ser adecuados para identificar la precisión con la que son contruidos los elementos, no obstante algunos de ellos se enfocan en la descripción del tipo de trazo más que en la precisión del mismo. Este método resulta ser confiable y válido (Salvador et al., 1996), sin embargo no permite realizar una aproximación a las estrategias de organización visuoconstruccional que emplean los participantes.

*Sistema de puntuación por la Estrategia Organizacional de Anderson et al., 2001.*

Por su parte, Anderson et al. (2001) proponen un método de calificación de la prueba en la que se evalúa la estrategia organizacional empleada por los participantes, derivada en siete niveles: excelente organización, organización conceptual, organización configuracional por partes, organización por partes o fragmentada, organización aleatoria, organización pobre e irreconocible o sustituida. Cada uno de los niveles describe la organización secuencial utilizada durante el trazo de elementos como el rectángulo, las líneas centrales, el contorno, las diagonales, elementos externos e internos, así como la alineación de los mismos. Este método ha demostrado ser efectivo para la evaluación del desarrollo ontológico de las habilidades visuoconstruccionales (Martens et al., 2014), permitiendo identificar la construcción secuenciada de la figura tomando como referencia los elementos más generales de la misma, sin embargo no permite identificar el tipo de errores que presentan los participantes en cada elemento por separado.

**Figura Compleja de Rey-Osterrieth, visuoconstrucción y neurociencias.**

El empleo de la ROCF en la investigación neurocientífica ha permitido identificar algunos de los componentes neuroanatómicos implicados en el proceso visuoconstructivo. Biesbroek et

al. (2014) analizaron los datos de 111 pacientes con infarto cerebral isquémico independiente de la localización, con el objetivo de determinar los correlatos anatómicos de la construcción visuoespacial al relacionar la localización de la lesión con la varianza en las habilidades visuoconstructivas dentro del grupo de estudio, empleando la ROCF y el test de Juicio de Orientación de Líneas (JLO). Realizaron un mapeo de voxel de asociación libre por lesión-síntoma, encontrando correlatos anatómicos para ambas tareas superpuestos en el giro temporal medio y superior, insula y opérculo, giro frontal medio e inferior, así como en ganglios basales y el giro supramarginal. Estas estructuras compartidas revelaron el componente visuoperceptivo requerido en ambas tareas, mientras que estructuras relacionadas exclusivamente con la copia de la figura compleja revelaron el correlato anatómico de las habilidades visuoconstructivas, correspondientes al lóbulo parietal superior derecho, el giro angular y el giro occipital medial. Además se encontraron correlaciones significativas entre el volumen del infarto en las cortezas parietal inferior y superior, angular y occipital medial derechas y un bajo desempeño en la ROCF pero no en la JLO; esta discordancia en los correlatos anatómicos reflejó el componente visuoconstructivo de la ROCF.

En una investigación realizada en pacientes con esclerosis múltiple, se seleccionaron casos con alteraciones visuoespaciales (figuras incompletas) y visuoconstructivas (diseño con cubos y ROCF), encontrando que el ancho del tercer ventrículo se correlaciona e influye inversamente con el desempeño en tareas visuoconstructivas, reiterando la importancia de la conectividad parieto-occipital y temporo-occipital para este tipo de habilidades cognitivas (Marasescu, Cerezo-Garcia & Aladro-Benito, 2016).

En cuanto a si existe un efecto de lateralización de las funciones de percepción y construcción holística de una figura, se ha visto en pacientes con infarto cerebral que cuando la

lesión se produce en el hemisferio izquierdo, se tiende a reproducir la ROCF rompiendo el diseño en elementos configuracionales separados, pero esto no necesariamente lleva a una reproducción alterada; en pacientes con lesiones derechas se observa dificultad para elaborar una figura de manera holística, donde además ocasionalmente se omiten unidades configuracionales cruciales de la figura (Binder, 1982 en Lange, Waked, Kirshblum & DeLuca, 2000). Así, tanto infartos izquierdos como derechos generan dificultades en la organización de estímulos visuales complejos, pero las lesiones derechas parecen ser más severas. Esto puede llevar a una codificación menos eficiente de la información visual que impacte en el desempeño durante la fase de evocación de tests visuales complejos como es la ROCF.

Se ha visto que el cerebelo también juega un rol importante en las funciones visuoconstruccionales. Starowicz-Filip, Chrobak, Milczarek y Kwiatkowski (2015) analizaron el desempeño de 40 niños sometidos a neurocirugía por astrocitoma cerebelar de bajo grado en comparación con 40 niños pareados en edad y sexo, encontrando diferencias significativas en tareas visuoespaciales como diseño con bloques, ensamble de objetos y rotación mental, en donde los puntajes más bajos correspondieron al grupo de pacientes. Al analizar el desempeño en la ROCF en modalidad copia se encontraron diferencias en el puntaje total obtenido mediante el sistema de calificación tradicional y en la organización evaluada por medio del Sistema de Puntuación de la Estrategia Organizacional de Anderson et al. (2001), donde el grupo de pacientes obtuvo puntuaciones significativamente menores. Para explorar efectos de lateralidad en estos resultados, se dividió el grupo de pacientes según el lado de la lesión cerebelar, encontrando diferencias significativas en tareas de diseño de bloques, ensamble de objetos, el puntaje total de la ROCF, el tiempo de elaboración y la estrategia organizacional en la misma, en rotación mental así como perseveraciones y errores de rotación en el Test de Benton, indicando

que el grupo con lesión izquierda presentaba un desempeño significativamente menor en este tipo de tareas en comparación con los pacientes con lesión derecha. En esta investigación no se tomó en cuenta la fase de evocación de la ROCF como indicador de memoria visuoespacial debido a la pobre organización inicial de la copia, en muchos casos fragmentada, desorganizada e incompleta. Aunado a esto, las copias realizadas por el grupo con daño cerebelar izquierdo presentaron mayores distorsiones, rotaciones, dibujos segmentados, con pérdida de la configuración interna que las figuras realizadas por el grupo con lesión derecha. El grupo con lesión izquierda presentó déficits más severos en la planeación, manifestada al comenzar por los detalles, colocar elementos juntos sin un plan global, una estimación errónea de la distancia entre elementos, colocación de detalles en lugares inadecuados y dibujo de muchos fragmentos aislados, actuando de forma más impulsiva e imprecisa en comparación con el grupo con daño cerebelar derecho. Gracias a mediciones adicionales, los investigadores concluyeron que los efectos del daño cerebelar sobre las habilidades visuoespaciales, no podían ser explicados por disfunciones intelectuales difusas o por déficits motores (Starowicz-Filip et al., 2015).

### **Memoria visuoespacial.**

Tulving (2000) conceptualizó la memoria como la capacidad neurocognitiva de codificar, almacenar y recuperar información, sugiriendo la posibilidad de que existen diversos sistemas de memoria separados. La investigación tradicional en memoria se ha enfocado en identificar sistemas de memoria aislados, así como en explorar diferentes etapas del procesamiento mnésico (Brady, Konkle & Alvarez, 2011). Desde 1890, William James propuso una distinción entre una memoria primaria (información mantenida en el presente consciente) y una memoria secundaria (información adquirida, almacenada fuera del alertamiento consciente y que es posteriormente

recordada), esta concepción permitió la distinción entre memoria a corto plazo (posteriormente también nombrada como memoria de trabajo) y memoria a largo plazo (Atkinson & Shiffrin, 1968), las cuales pueden distinguirse según su capacidad: el sistema activo de memoria de trabajo que posee una capacidad extremadamente limitada a unos cuantos items (Cowan, 2001) y el sistema pasivo de memoria a largo plazo que permite el almacenamiento de miles de elementos (Brady, Konkle, Alvarez & Olivia, 2008).

Estas concepciones tradicionales sobre los sistemas de memoria permiten elaborar modelos cognitivos y neurales de la memoria de acuerdo al contenido representacional de cada uno. La memoria de trabajo por ejemplo, se caracteriza por su capacidad limitada para recordar items sin importar si el contenido es visual o verbal (Baddeley, 1986), mientras que la memoria a largo plazo permite recordar gran cantidad de elementos que pueden ser imágenes, palabras o asociaciones (Brady et al., 2011).

Las investigaciones sobre el sustrato neuroanatómico del proceso de memoria han permitido identificar diversos componentes neuronales reclutados según el tipo de tarea que se realiza, proponiéndose una importante participación de estructuras temporales izquierdas en tareas de memoria verbal y regiones temporales derechas en memoria visual (Kolb & Whishaw, 2015).

El sistema de memoria visual concierne tanto al proceso de memoria como a la naturaleza visual de las representaciones almacenadas (Luck & Hollingworth, 2008). En cuanto a memoria de trabajo visual, se sabe que hay una relación importante entre la cantidad de información (número de items) y la precisión (resolución) de la evocación, es decir que mientras el número de elementos que deben ser recordados incrementa, la precisión del recuerdo decrementa; el proceso de memoria a largo plazo permite el almacenamiento de miles de representaciones detalladas de



objetos, pero sólo para elementos significativos que pueden conectarse con el conocimiento previamente adquirido (Brady et al., 2011).

El estudio de la memoria visual puede complejizarse si se agrega el componente espacial de la ubicación de los elementos que deben recordarse, por lo que podría hablarse de una memoria visuoespacial, especializada en el mantenimiento y almacenaje de información visual con una localización particular en el espacio (Burke, Poyser & Schiessl, 2014) y cuyo correlato neuroanatómico podría involucrar a la vía parieto-temporal medial descrita con anterioridad (Kravitz et al., 2011).

El estudio de casos con lesiones cerebrales delimitadas le ha permitido a la neuropsicología caracterizar de una forma más precisa los componentes neuroanatómicos necesarios para llevar a cabo determinados procesos cognitivos. En ese sentido, Zola-Morgan, Squire & Amaral (1986) reportaron el caso de R.B., un paciente que tras un episodio isquémico bilateral que afectó delimitadamente el campo completo CA1 del hipocampo, presentó alteraciones de memoria, principalmente en relación con amnesia anterógrada, sin evidencia de alteraciones de otros dominios cognitivos. La evaluación neuropsicológica arrojó deterioro en memoria tanto verbal como no verbal. Durante la administración de la ROCF (6 y 23 meses tras el evento), no se observaron alteraciones en la fase de copia pero sí durante la evocación minutos después, lo que habla de una participación importante del hipocampo en la consolidación de información con contenido visuoespacial. En relación con lo anterior, Esfahani-Bayerl et al. (2016) investigaron la participación del lóbulo temporal medial en la memoria de trabajo visuoespacial, evaluada por medio de tareas de emparejamiento con demora. Analizaron el desempeño de pacientes diestros con diversas alteraciones neurológicas, agrupados por el sitio de lesión que presentaban. Al comparar a los pacientes con grupos control pareados por edad, se encontró que las lesiones

temporales mediales donde el hipocampo se encontraba comprometido, se relacionaban con un menor desempeño en tareas de memoria de trabajo visuoespacial asociativa, independientemente de la lateralización de la lesión. Esto último podría indicar la posibilidad de empleo de estrategias verbales durante la realización de la tarea, sin embargo los autores plantean que si bien las estructuras temporales izquierdas pueden tener una importante participación en tareas de memoria verbal, la evidencia sobre si estructuras contralaterales participan con la misma intensidad en tareas de memoria visuoespacial no es clara, abriendo la posibilidad de que estructuras bilaterales participen en conjunto durante este tipo de procesamiento.

### **Influencia de la codificación en la recuperación de información visuoespacial.**

Se cree que las estrategias empleadas para la codificación de la información visuoespacial podrían beneficiar al recobro de la misma. En 1992, Sullivan, Mathalon, Ha, Zipursky y Pfefferbaum desarrollaron un modelo teórico para describir las influencias causales de la precisión construccional y la estrategia organizacional empleada durante la copia de la ROCF sobre el desempeño durante la evocación de la misma. Según este modelo, una construcción precisa de la figura en la fase de copia, refleja un estímulo codificado adecuadamente, el cual influye en la recuperación, independiente de la estrategia usada para generar la construcción. Aunado a esto, una estrategia organizacional holística debe facilitar una construcción precisa de la figura durante la fase de copia, favoreciendo indirectamente la calidad del recuerdo al resaltar las características organizacionales salientes del estímulo, así el marco de la figura podría proveer claves contextuales que favorezcan el recuerdo. De esta forma, la teoría de la procedencia global dice que una percepción visuoespacial normal se realiza implícitamente por un procesamiento configuracional global de la información antes del procesamiento local

detallado de la información, sugiriendo que la aproximación más eficiente para codificar el estímulo percibido es el “procesamiento global”, que va de lo general a lo particular, de lo global a lo local y de lo configuracional a lo detallado (Chen, Hartman, Galarza & DeLuca, 2012).

Sullivan et al. (1992) emplearon una muestra de 68 pacientes con alcoholismo crónico (desintoxicados), 28 pacientes con esquizofrenia y 69 controles pareados en lateralidad manual, planteando como hipótesis que los participantes que copiaran la figura de forma precisa, tenderían a evocarla de la misma forma, y que los participantes que dibujaran el marco general de la figura de forma holística durante la fase de copia, tenderían a obtener mejores puntajes de precisión tanto en la fase de copia como durante la evocación, en comparación con participantes que emplearan una construcción fragmentada durante la copia. Ambos grupos clínicos mostraron puntuaciones de estrategia organizacional equivalentes, reflejando una aproximación menos holística durante la copia en comparación con el grupo control. Las regresiones intragrupo fueron consistentes con el modelo propuesto, encontrando relaciones causales entre la estrategia durante la copia, precisión de la copia y precisión de la evocación, donde una estrategia organizacional holística y una construcción precisa durante la copia influyeron positivamente en la precisión durante la evocación, y una estrategia holística durante la copia, mejoró la precisión de la copia, indirectamente facilitando la evocación.

En una investigación de Lange et al. (2000), se analizó el desempeño en el test de ROCF en 9 mujeres y 28 hombres diestros con accidente cerebrovascular (ACV), divididos en primera instancia por lateralización del ACV (izquierdo o derecho) y posteriormente por localización (cortical o subcortical) del mismo. El test se aplicó en modalidad de copia, evocación inmediata (al concluir la copia) y evocación con demora (30 minutos después de la evocación inmediata). Se obtuvieron puntuaciones cuantitativas según el sistema tradicional de calificación y puntajes

sobre la estrategia organizacional empleada, obtenidos a partir de la sumatoria del número de líneas realizadas para dibujar tres elementos clave de la figura: el rectángulo central, la cruz central y las diagonales centrales. La estrategia organizacional para el grupo con ACV derecho durante la copia fue significativamente más fragmentado y menos holístico que para el grupo con ACV izquierdo. Aunado a esto, los puntajes de precisión durante la copia fueron significativamente menores en el grupo con ACV derecho en comparación con el grupo de ACV izquierdo. No se encontraron diferencias de grupo en los puntajes de evocación inmediata ni demorada. Los puntajes de estrategia organizacional se correlacionaron significativamente con los puntajes de copia y evocación inmediata y demorada en ambos grupos. Para examinar específicamente la influencia de la estrategia organizacional en la evocación, se formaron dos grupos basándose en la media de corte de los puntajes de estrategia organizacional, estableciendo un grupo con pobre estrategia organizacional (más líneas, más deterioro) y un grupo con efectiva estrategia organizacional (menos líneas, menos deterioro). En el grupo con pobre estrategia organizacional, se encontraron más participantes con lesión en hemisferio derecho (14 de 20 participantes) que participantes con lesión izquierda (4 de 15). Este grupo obtuvo puntajes significativamente menores durante las fases de evocación en comparación con el grupo de estrategias organizacionales efectivas.

Tanto la estrategia organizacional como la precisión durante la copia se apreciaron significativamente más alterados en el grupo con ACV cortical en comparación con el grupo de ACV subcortical. No se encontraron diferencias significativas de grupo en los puntajes de evocación. La estrategia organizacional se relacionó significativamente con la copia, la evocación inmediata y la demorada tanto para el grupo con ACV cortical como para el grupo con ACV subcortical. Al dividir los grupos en estrategias organizacionales pobres y efectivas, se

encontró que el grupo con estrategias pobres recuperaba significativamente menos información visual que el grupo con estrategias efectivas en ambas modalidades de evocación.

Siguiendo estos hallazgos, Chen et al. (2012) entrenaron a personas que habían sufrido infartos en el hemisferio derecho y que presentaban déficits en la memoria visuoespacial. Emplearon la Figura Compleja de Taylor Modificada (MTCF) para evaluar este tipo de memoria debido a su compatibilidad con la ROCF. Haciendo uso de una serie de figuras complejas, se sometió a los participantes a Entrenamiento de Procesamiento Global, partiendo de los elementos más generales y colocando subsecuentemente los detalles, o a Entrenamiento de Repetición Rotada, donde no se proporcionaron estrategias de codificación. Ambos grupos demostraron un pobre desempeño antes del entrenamiento, sin embargo los resultados evidenciaron que el grupo que recibió Entrenamiento de Procesamiento Global mejoró significativamente sus déficits en memoria visuoespacial. Este efecto se observó inmediatamente después del entrenamiento y 24 horas después del mismo, pero no persistió a las 4 semanas, por lo que es importante delimitar que fue un efecto a corto plazo tras el entrenamiento. Los autores discuten que el Entrenamiento de Procesamiento Global promueve una codificación eficiente a través del procesamiento global que consecuentemente mejora los déficits en la memoria visuoespacial.

Un patrón que aparece constante en estas investigaciones es que el daño en el hemisferio derecho puede alterar el proceso visuoconstruccional, impactando a su vez en la efectividad con que se recupera la información visuoespacial, sin embargo también deja en claro que estas alteraciones no siempre se restringen a lesiones derechas, pues las izquierdas también pueden generar este tipo de problemas, aunque esto se presenta con menor frecuencia. Así, aunque este procesamiento sí parece tener un componente importante de lateralización, no puede ser considerado como determinante.

### **Figura Compleja de Rey-Osterrieth y lateralidad manual.**

Como se ha revisado hasta ahora, aunque hay autores que proponen una participación importante del hemisferio derecho en habilidades visuoespaciales, la evidencia a la fecha no ha mostrado resultados consistentes en población diestra y menos aún en población zurda. Por otro lado, debido a la especialización hemisférica derecha en zurdos para llevar a cabo actos motores, las diferencias neuroanatómicas estructurales y funcionales, así como a la variabilidad en cuanto a la lateralización del proceso de lenguaje, algunos investigadores han tratado de relacionar el desempeño en tareas de visuopercepción y atención visuoespacial con la lateralidad manual de las personas (Reio et al., 2004; Galán & del Río, 2012), donde se ha llegado a encontrar evidencia que favorece a los diestros durante la realización de este tipo de tareas; sin embargo, a nuestro conocimiento la única investigación que ha intentado evaluar la visuoconstrucción y la memoria visuoespacial empleando la ROCF en población zurda, es la de Galán & del Río (2012), donde en una muestra de 20 participantes diestros y 20 participantes zurdos encontraron una tendencia a la significancia ( $p=0.06$ ) que favorecía a los diestros durante la evocación de dicha figura.

Como se ha revisado hasta ahora, el empleo de esta prueba para analizar las habilidades de visuoconstrucción y memoria visuoespacial cobra relevancia debido a sus propiedades de evaluación cuantitativa y cualitativa, por medio del análisis de diversos elementos a partir de sistemas de calificación distintos que a la fecha no han sido utilizados para comparar el desempeño de diestros y zurdos, poblaciones a las que a la fecha, se les administra de forma indiferenciada y donde la evidencia muestra que podrían existir diferencias entre grupos (Galán & del Río, 2012).

### III. Planteamiento del problema.

#### Justificación.

La lateralidad manual es la mayor evidencia conductual de especialización hemisférica por lo que se ha postulado que diestros y zurdos podrían tener características cerebrales anatómicas y funcionales distintas que pudieran reflejarse en una organización diferente de los procesos cognitivos, particularmente de aquellos que en los que se ha descrito que pudiera existir un componente importante de especialización hemisférica, como es el caso de las habilidades visuoespaciales (Mellet et al., 2014).

En la literatura se reportan características neuroanatomofuncionales en las personas zurdas que no necesariamente coinciden con la organización neuronal de las personas diestras (Amunts et al., 1996; Foundas et al., 1998; Hervé et al., 2006; Powell et al., 2012; Guadalupe et al., 2014), sin embargo los estudios son inconsistentes debido a la heterogeneidad que se ha encontrado dentro de la población zurda tanto en organización cerebral como en desempeño cognitivo (Annett & Manning, 1989; 1990a; 1990b; McManus et al., 1993; Halpern et al., 1998; Powell et al., 2012; Reio et al., 2004; Portellano et al., 2006; Mellet et al., 2014). Con base en lo anterior y ya que se ha observado que dentro de las mismas habilidades visuoespaciales podrían existir diferencias entre el desempeño de personas diestras y zurdas (Reio et al., 2004; Galán y del Río, 2012), se analizaron las habilidades de construcción y memoria visuoespaciales en una muestra de diestros y zurdos donde se controlaron variables como la edad, el sexo y el Cociente Intelectual. Para ello se empleó el Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth ya que se han reportado diferencias en el desempeño según la lateralidad manual que tienden a la significancia estadística (Galán & del Río, 2012) al ser analizado por el sistema tradicional de calificación (Rey, 2003). Además permite evaluar las habilidades de construcción y memoria visuoespaciales

por medio de sistemas de calificación cuantitativos pero también a través de análisis cualitativos sobre el tipo de construcción (Osterrieth, 1945 en Rey, 2003), la estrategia organizacional empleada (Anderson et al., 2001) y el tipo de error cometido, lo que permite describir las características que pudiesen diferenciar a las personas zurdas de las diestras durante el desempeño en tareas que demanden este tipo de habilidades.

### **Objetivos.**

#### *Objetivo General:*

Comparar el desempeño en una tarea de construcción y memoria visuoespacial en diestros y zurdos.

#### *Objetivos específicos:*

-Identificar si la lateralidad manual presenta diferencias en desempeño al resolver el Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.

-Analizar por medio de sistemas cualitativos el desempeño de diestros y zurdos durante la ejecución del Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.

-Describir las estrategias de organización y construcción visuoespaciales empleadas por diestros y zurdos durante la ejecución del Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth en la modalidad de memoria.

-Describir las características de los errores más recurrentes en ambos grupos durante la ejecución del Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth en modalidad memoria.



**Hipótesis.**

Los puntajes sobre el desempeño durante la ejecución del Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth, serán mayores en el grupo de diestros que en el de zurdos.

Las estrategias empleadas para la construcción de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth serán distintas en diestros y zurdos.

De acuerdo al grupo, se presentarán errores distintos durante la ejecución del Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth en modalidad memoria.

#### **IV. Método.**

Se empleó un diseño cuasiexperimental descriptivo-correlacional (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010) contemplando como variables la lateralidad manual, la construcción visuoespacial y la memoria visuoespacial.

##### **Variables.**

###### *Lateralidad manual.*

Definida como la preferencia de uso de una mano particular para realizar diversas actividades de la vida cotidiana, clasificando a los participantes en diestros o zurdos (Corballis, 2014). Identificada por medio del índice de lateralidad manual obtenido a partir de los puntajes de la Prueba de Lateralidad de Annett (1970) y el Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971).

###### *Construcción visuoespacial.*

Habilidad para ver un objeto o un dibujo como un set de partes y construir una réplica original a partir de sus componentes (Biesbroek et al., 2014). La medimos por medio del tipo de construcción (Osterrieth, 1945) y la estrategia organizacional (Anderson et al., 2001) empleada en la copia y la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Rey, 2003).

###### *Memoria visuoespacial.*

Submodalidad de la memoria especializada en el mantenimiento y almacenaje de información visual y espacial (Burke et al., 2014). Medida por medio de la cantidad y calidad de los elementos evocados en ausencia del estímulo Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Lezak,

2012), según los puntajes obtenidos de acuerdo con el sistema de puntuación de Rey (2003). También la describimos a través de los tipos de error determinados por atributos cualitativos de los elementos elaborados durante la reproducción de la figura.

### **Participantes.**

Se realizó un muestreo no probabilístico. Participaron 44 personas que fueron reclutadas por medio de carteles colocados en la Facultad de Psicología, U.N.A.M., todas con visión normal o corregida y un Cociente Intelectual normal. Se formaron dos grupos determinados por la lateralidad manual: 22 diestros y 22 zurdos valorados con dos instrumentos para determinar la preferencia manual. La distribución entre hombres y mujeres fue la misma para cada grupo, además las mujeres fueron evaluadas durante la fase preovulatoria con la intención de reducir efectos hormonales sobre la cognición. El rango de edad para todos los participantes se estableció entre los 21 y 31 años de edad y la escolaridad en un mínimo de 12 años. Todos los sujetos participaron voluntariamente, se les solicitó su consentimiento informado por escrito de acuerdo con los criterios éticos de la Declaración de Helsinki y recibieron una compensación monetaria por su cooperación.

#### *Criterios de inclusión:*

- Mujeres en fase preovulatoria de su ciclo menstrual.
- Hombres.
- Edad entre los 21 y 31 años.
- Mínimo 12 años de escolaridad.
- C.I. normal.

- Zurdos consistentes con las pruebas de lateralidad manual.
- Diestros consistentes con las pruebas de lateralidad manual.

*Criterios de exclusión:*

- Antecedentes de alteraciones neurológicas y/o psiquiátricas.
- Consistencia manual menor al 80% de acuerdo con los instrumentos de lateralidad.
- Mujeres con ciclo menstrual irregular.
- Mujeres bajo la influencia de anticonceptivos u otros tratamientos hormonales.

**Instrumentos.**

Instrumentos de selección:

*Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos 3ª ed. (WAIS-III):* Prueba estandarizada que evalúa el rendimiento cognitivo en distintos rubros. Incluye un total de 14 subpruebas: figuras incompletas, vocabulario, dígitos y símbolos (claves y aprendizaje incidental), semejanzas, diseño con cubos, aritmética, matrices, retención de dígitos (progresión y orden inverso), información, ordenamiento de dibujos, comprensión, búsqueda de símbolos, sucesión de letras y números, ensamble de objetos y copia de dígitos y símbolos. Permite obtener una cuantificación del Cociente Intelectual que empleamos para caracterizar a los sujetos como normales en cuanto a desempeño cognitivo general.

*Prueba de Lateralidad (Annett 1970):* Evalúa el uso manual por medio de preguntas y ejercicios realizados con una mano como escribir, lanzar, tomar un martillo, cepillarse los dientes, recortar, repartir cartas, encender un cerillo, patear una pelota, ensartar un hilo en una aguja y mirar a través de un tubo. Se considera la estabilidad o consistencia unimanual al 75% de

las acciones realizadas con una mano.

*Inventario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971)*: Establece el grado de preferencia de uso de mano en un rango de 1 a 5 (derecha muy preferente, derecha preferente, mano indiferente, izquierda preferente, izquierda muy preferente) para escribir, dibujar, lanzar un objeto, cepillarse los dientes, manipular el cuchillo y tijeras, cuchara, escoba (mano de soporte), encender un cerillo y abrir una caja. Un puntaje promedio de 10 indica que la persona es consistentemente diestra, mientras que uno de 50 indica que es consistentemente zurda.

Instrumentos de evaluación:

*Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Rey, 2003)*: Evalúa el proceso de construcción visuoperceptual y memoria espacial a través de la reproducción y evocación de una figura geométrica que consta de 18 elementos perceptuales (cuadrados, triángulos, rectángulos, un rombo, un círculo, líneas verticales, horizontales y diagonales). Esta prueba se calificó empleando tres sistemas diferentes: el sistema cuantitativo habitual (Rey, 2003), que hace referencia a la cantidad de elementos reproducidos según su precisión y localización; el sistema descrito por Osterrieth (1945) que describe 7 niveles de eficacia en la construcción que van de construcción de la figura sobre su armazón hasta la elaboración de garabatos ; y a través del método descrito por Anderson et al. (2001), que evalúa la estrategia organizacional empleada, ubicándola en 7 niveles que van de la excelente organización a una figura irreconocible o sustituida.

*Sistemas de calificación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.*

La ROCF consta de los 18 elementos (Rey, 2003) que pueden apreciarse en la Figura 1:

- 1) Cruz exterior contigua al ángulo superior izquierdo del rectángulo grande.
- 2) Rectángulo grande, armazón de la figura.
- 3) Cruz de San Andrés, formada por las diagonales del rectángulo grande.
- 4) Mediana horizontal del rectángulo grande 2.
- 5) Mediana vertical del rectángulo grande 2.
- 6) Pequeño rectángulo inferior (contiguo al lado izquierdo del rectángulo grande 2, limitado por las semidiagonales izquierdas de éste y cuyas propias diagonales se cortan sobre la mediana 4).
- 7) Pequeño segmento colocado sobre el lado horizontal superior del elemento 6.
- 8) Cuatro líneas paralelas situadas en el triángulo formado por la mitad superior de la diagonal izquierda del rectángulo 2.
- 9) Triángulo rectángulo formado por la mitad del lado superior del rectángulo 2, la prolongación hacia arriba de la mediana vertical 5 y el segmento que une el extremo de esta prolongación con el ángulo superior derecho del rectángulo 2.
- 10) Pequeña perpendicular al lado superior del rectángulo 2, situada debajo del elemento 9.
- 11) Círculo con tres puntos inscritos, situado en el sector superior derecho del rectángulo 2.
- 12) Cinco líneas paralelas entre sí y perpendiculares a la mitad inferior de la diagonal derecha del rectángulo 2.
- 13) Dos lados iguales que forman el triángulo isósceles construido sobre el lado derecho del rectángulo 2 por la cara exterior de éste.
- 14) Pequeño rombo situado en el vértice extremo del triángulo 13.
- 15) Segmento situado en el triángulo 13 paralelamente al lado derecho del rectángulo 2.
- 16) Prolongación de la mediana horizontal y que constituye la altura del triángulo 13.

17) Cruz de la parte inferior comprendiendo en ella el brazo paralelo al lado inferior del rectángulo 2 y la pequeña prolongación de la mediana 5 que la une a este lado.

18) Cuadrado situado en el extremo inferior izquierdo del rectángulo 2, prolongación del lado izquierdo, comprendiendo también su diagonal.

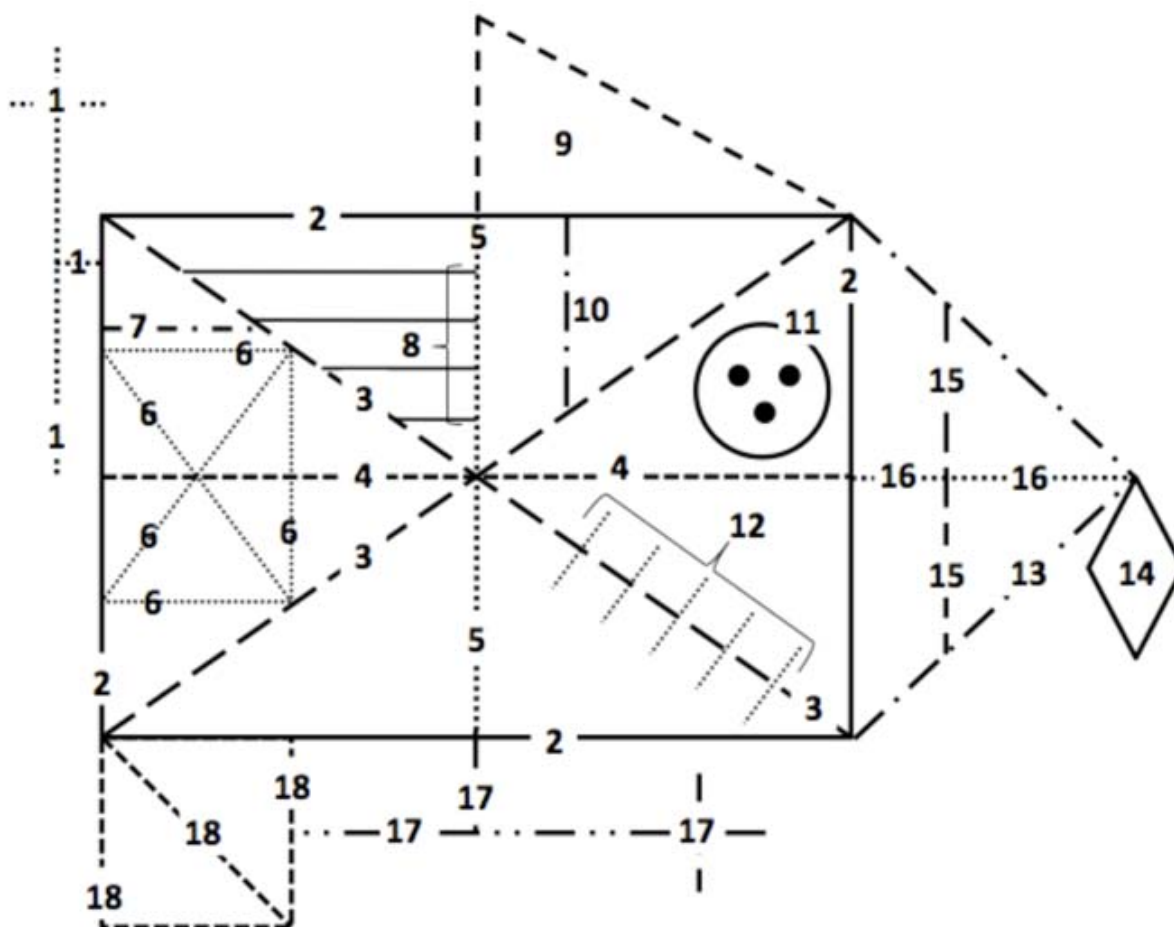


Figura 1. Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Rey, 1941; 2003). Los números indican cada uno de los 18 elementos que componen la figura.

*Sistema de calificación de Rey (1941).*

Según el manual de aplicación (Rey, 2003), cada uno de los elementos que conforman la figura puede ser puntuado según las características de la copia y la evocación, donde se contempla la precisión de la reproducción y la localización de cada elemento. Se puede obtener una puntuación máxima de 2 para cada elemento, dando un total de 36 puntos cuando la reproducción es idéntica al estímulo original. Los criterios para asignar la puntuación a cada elemento se resumen en la *Tabla 1*, donde la unidad indica cada uno de los 18 elementos que componen la figura; la segunda columna se refiere a la precisión con la que se dibuja el elemento; la tercera columna hace alusión a la localización del elemento en el lugar correspondiente según el modelo original.

Tabla 1.  
Criterios de puntuación de los elementos de la ROCF.

Por cada unidad	Correcta	Bien situada: <i>2 puntos</i>
		Mal situada: <i>1 punto</i>
	Deformada o incompleta, pero reconocible	Bien situada: <i>1 punto</i>
		Mal situada: <i>0.5 puntos</i>
Irreconocible o ausente	<i>0 puntos</i>	

Tomada de Rey (2003).



*Tipo de construcción según criterios de Osterrieth (1945).*

*I. Construcción sobre el armazón.* El participante comienza el dibujo por el rectángulo central, que erige en armazón, sobre el que agrupa después todos los demás detalles de la figura.

*II. Detalles englobados en un armazón.* El participante comienza por uno u otro detalle contiguo al gran rectángulo; por ejemplo, la cruz de la parte superior del lado izquierdo, o traza el rectángulo grande incluyendo en él alguno de los detalles (como el cuadrado exterior contiguo al ángulo inferior izquierdo del rectángulo central), y lo usa como armazón de su dibujo igual que en el tipo I. Se incluye también dentro del tipo II un proceso poco frecuente, que consiste en dibujar las dos diagonales del rectángulo antes que su contorno, utilizando luego éste como armazón.

*III. Contorno general.* El participante comienza su dibujo por la reproducción del contorno íntegro de la figura, sin diferenciar en ella explícitamente el rectángulo central.

*IV. Yuxtaposición de detalles.* El participante va construyendo los detalles contiguos unos a otros procediendo como si construyera un rompecabezas. No hay elemento director de la reproducción. La figura es un conjunto reconocible y puede estar construida apropiadamente.

*V. Detalles sobre un fondo confuso.* El participante realiza un grafismo, poco o nada estructurado, en el que no sería posible identificar el modelo, pero con ciertos detalles reconocibles, por lo menos en su intención.

*VI. Reducción a un esquema familiar.* El participante traslada la figura a un esquema que le es familiar y que puede, a veces, recordar vagamente la forma general del modelo o de algunos de sus elementos.

*VII. Garabatos.* El participante hace simplemente unos garabatos en los que no es posible reconocer ninguno de los elementos del modelo ni tampoco su forma global.

*Sistema de puntuación de la estrategia organizacional (Anderson et al., 2001).*

Se clasifica en siete niveles la estrategia empleada para construir la figura, donde se contemplan como elementos:

*Rectángulo:* se refiere al rectángulo grande y es un componente configuracional de la figura.

*Líneas centrales:* se refiere a los bisectores vertical y horizontal del rectángulo. También son componentes configuracionales de la figura, y sus porciones dibujadas por separado deben conectarse.

*Contorno:* se refiere a la línea externa de la figura. Puede o no incluir el contorno total, como la cruz, el rombo o el triángulo.

*Diagonales:* se refiere a las diagonales del rectángulo. No tienen que ser completadas como líneas enteras unitarias y las secciones de cada diagonal no tienen que conectarse.

*Accesorios externos:* se refiere a todas las secciones de la figura externas al rectángulo, incluye la cruz vertical izquierda; cruz horizontal bajo el rectángulo; triángulo sobre el rectángulo; triángulo en el lado derecho del rectángulo; caja pequeña bajo el rectángulo.

*Secciones internas:* se refiere a todas las secciones internas del rectángulo grande, el cual puede ser dividido en mitades, cuartos u octavos. Esto incluye: cuatro líneas paralelas y línea horizontal pequeña en el cuadrante superior izquierdo; círculo con tres puntos y la pequeña línea vertical en el cuadrante superior derecho; rectángulo con diagonales en los cuadrantes izquierdos superior e inferior; cinco líneas paralelas sobre la diagonal en el cuadrante inferior derecho.

*Alineamiento:* se refiere a un “intento” por alinear o conectar los accesorios externos y las secciones internas con las líneas centrales. El alineamiento de las diagonales se refiere a un “intento” por conectar las secciones de cada diagonal en el punto de unión de las líneas centrales vertical y horizontal.

Tabla 2.

Instrucciones para el sistema de puntuación de la estrategia organizacional.

---

**Nivel 7 - Excelente organización.** Los elementos configuracionales, el rectángulo y las líneas centrales se completan primero.

- Criterios:
- a) el rectángulo se dibuja primero (puede incluir la cruz izquierda).
  - b) ambas líneas centrales vertical y horizontal se dibujan directamente después del rectángulo.
  - c) todas las secciones internas, los accesorios externos y las diagonales se alinean con las líneas centrales.

---

**Nivel 6 - Organización conceptual.** Las líneas centrales vertical y horizontal se dibujan tempranamente.

- Criterios:
- a) el rectángulo, el contorno, una sección interna o accesorios externos se dibujan primero.
  - b) ambas líneas centrales se dibujan como líneas unitarias y se completan antes de dibujar las diagonales y las secciones internas.
  - c) las diagonales se alinean con las líneas centrales.
  - d) la mayoría de secciones internas y accesorios externos se alinean con las líneas centrales.

---

**Nivel 5 - Organización configuracional por partes.** Las líneas centrales vertical y horizontal están presentes.

- Criterios:
- a) el rectángulo, el contorno, una sección interna o un accesorio externo se dibuja primero.
  - b) ambas líneas centrales están presentes.
  - c) al menos una sección interna o accesorio externo está alineado con la línea central vertical y al menos una sección interna o accesorio externo está alineado con la línea central horizontal.
  - d) por lo menos una línea central se dibuja como una línea unitaria, aunque la línea central restante puede ser completada de forma fragmentada, sin embargo las porciones deben conectarse.
  - e) no se adopta una aproximación fraccionada.

---

**Nivel 4 - Organización fraccionada/fragmentada.** Aproximación fraccionada, fragmentada o por partes (las subunidades/secciones se dibujan secuencialmente pieza a pieza).

- Criterios:
- a) el rectángulo, el contorno, una sección interna o un accesorio externo se dibuja primero.
  - b) sólo una línea central se completa como una línea unitaria a menos que el contorno o el rectángulo se complete primero, en cuyo caso, ninguna línea central puede ser completada como una sola.
  - c) las secciones internas restantes y los accesorios externos se completan uno a la vez, en una forma fraccionada (las secciones subsecuentes del dibujo pueden estar alineadas con segmentos de las líneas centrales).
- 

Continúa.

Tabla 2 (Continuación).

Instrucciones para el sistema de puntuación de la estrategia organizacional.

---

**Nivel 3 - Organización aleatoria.** Sólo una línea central completa se usa para la alineación.

- Criterios:
- a) el rectángulo, el contorno, una sección interna o un accesorio externo se dibuja primero.
  - b) una línea central completa alineada con al menos una sección interna/accesorio externo está presente (la línea central puede completarse de forma fragmentada, pero los segmentos deben conectarse).
  - c) la línea central restante, si está presente, no es utilizada para alinear otros componentes.
  - d) si están presentes, los segmentos de una línea central incompleta pueden utilizarse para alinear secciones del dibujo.
  - e) no se adopta una aproximación fraccionada.

---

**Nivel 2 - Organización pobre.** Los criterios para los niveles 3 a 7 no pueden satisfacerse.

- Criterios:
- a) cualquier intento por dibujar la figura.
  - b) cualquier parte de la figura se dibuja primero.
  - c) se están presentes, las líneas centrales no pueden alinearse a cualquier sección interna o accesorio externo.
  - d) no se adopta una aproximación fraccionada.

---

**Nivel 1 - Irreconocible o sustitución.** No se realiza ningún intento por dibujar la figura. Se puede dibujar una sustitución o un garabato irreconocible.

---

Traducida y modificada de Anderson et al. (2001).

**Procedimiento.**

Tras ser reclutados los participantes, fueron citados para realizar las evaluaciones correspondientes, previa entrega de carta de consentimiento informado. Se determinó la lateralidad manual por medio de los instrumentos de Annett (1970) y Oldfield (1971). Se aplicó el WAIS-III para garantizar que los participantes no presentaran alteraciones en el desempeño cognitivo general. Finalmente, el Test de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth se administró en modalidad de copia y evocación demorada (20 minutos) utilizando la técnica de lápices de colores (Somerville et al., 2001) para identificar la secuencia de la construcción. Entre la copia y la evocación se pidió a los participantes que realizaran tareas de índole verbal.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Sueño de la Facultad de Psicología, U.N.A.M. en una habitación sonoamortiguada.

**Análisis de datos.**

Se utilizó la prueba  $t$  de Student para muestras independientes para para comparar los puntajes en codificación y evocación de la ROCF entre los participantes diestros y zurdos. Se analizaron los puntajes totales así como los obtenidos en cada uno de los elementos para identificar aquellos que difirieran significativamente entre los grupos (Kerlinger & Lee, 1986).

Debido a que los sistemas de calificación cualitativa de Osterrieth (1945 en Rey, 2003) y Anderson et al. (2001) proporcionan datos en nivel de medición ordinal, se realizaron pruebas  $U$  de Mann-Whitney para comparar los tipos de construcción y las estrategias organizacionales de la ROCF, entre los grupos de diestros y zurdos (Kerlinger & Lee, 1986).

Se presentan tablas de frecuencia para analizar los tipos de error presentes en aquellos elementos cuyas puntuaciones hayan diferido significativamente entre los grupos.

## V. Resultados.

Las características demográficas de la muestra se resumen en la *Tabla 3*.

Tabla 3.

*Características de la muestra.*

	Diestros		Zurdos	
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>
Edad	25.32	2.92	24.00	3.69
Años de escolaridad	17.07	1.36	15.77	2.05
Inventario de Edimburgo	10.36	1.02	47.45	3.09
Cuestionario de Annett	98.50	3.86	93.68	8.93

Carrera	Frecuencia en Diestros	Frecuencia en Zurdos
Administración	1	0
Biología	0	1
Comercio Internacional	1	1
Comunicación	0	1
Derecho	1	3
Diseño	0	2
Economía	1	0
Física	0	1
Ingeniería	2	0
Matemáticas	1	0
Medicina	0	1
Psicología	14	11
Química	0	1
Veterinaria	1	0

Media (*M*) y desviación estándar (*DE*) de las características de la muestra en lateralidad manual y demográficas. Frecuencia de carreras universitarias por lateralidad manual.

Para comparar el desempeño entre diestros y zurdos de acuerdo al sistema de calificación cuantitativa (Rey, 2003) durante la copia y evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth, se realizaron pruebas *t* de Student para muestras independientes, obteniendo diferencias significativas tanto en la modalidad de copia  $t(42) = 2.70, p = 0.01$  como en memoria  $t(42) = 2.85, p = 0.007$ . Como se observa en la *Figura 2*, los diestros obtuvieron un mayor puntaje ( $M = 35.07; DE = 0.94$ ) en comparación con los zurdos ( $M = 34.18; DE = 1.22$ ) en la modalidad copia; para la modalidad de memoria, los diestros nuevamente presentaron mayores puntajes ( $M = 27.40; DE = 4.32$ ) con respecto a los zurdos ( $M = 23.04; DE = 5.71$ ).

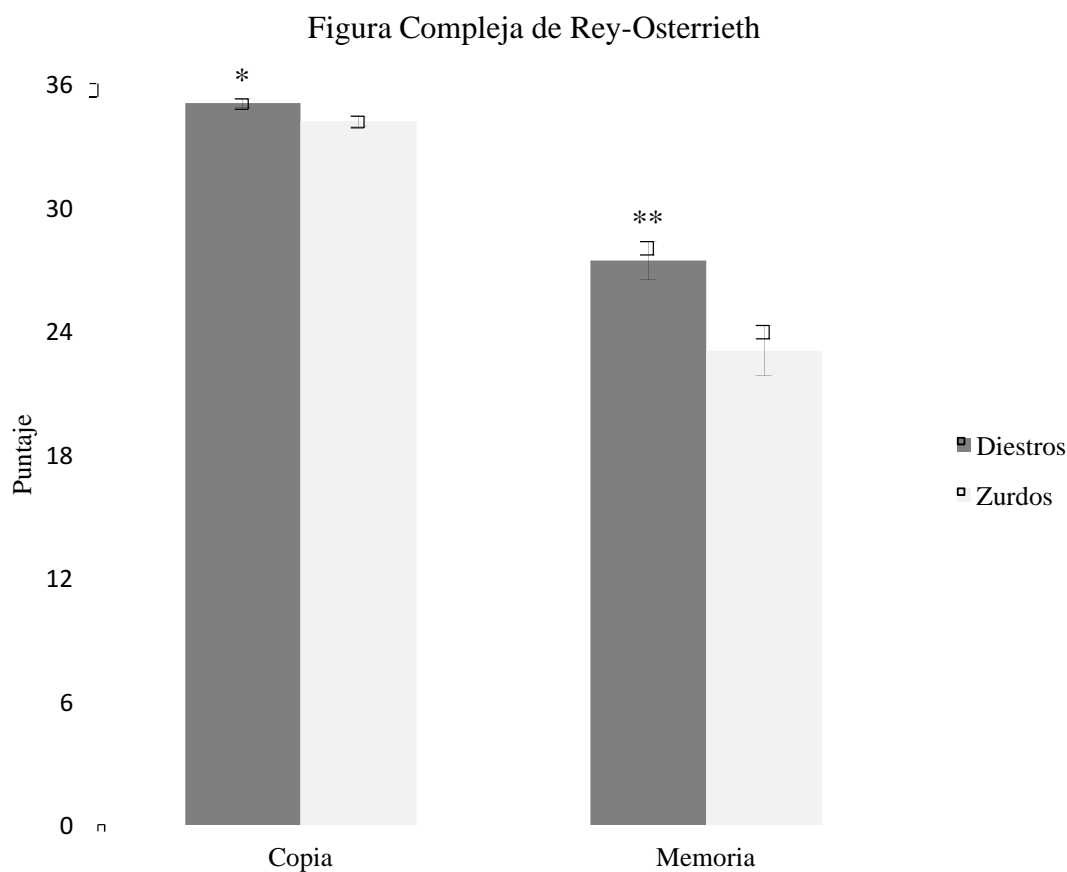


Figura 2. Puntajes totales promedio y barras de error típico de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth durante la copia y la evocación. \*Indica diferencias significativas  $p < 0.05$ , \*\*Indica diferencias significativas  $p < 0.01$  entre grupos.

Con la finalidad de valorar las estrategias organizacionales empleadas por ambos grupos durante la construcción, se tomaron en cuenta sistemas de calificación cualitativa de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth: el sistema de Osterrieth (1945) y el sistema de Puntuación de la Estrategia Organizacional (Anderson et al., 2001).

Dado que estos sistemas de calificación utilizan una puntuación que coincide con un nivel de medición ordinal, se realizaron pruebas *U* de Mann-Whitney para comparar las puntuaciones entre ambos grupos. El tipo de construcción según los criterios de Osterrieth fue igual tanto en modalidad copia ( $z = -1.637, p > 0.05$ ) como en modalidad memoria ( $z = -1.632, p > 0.05$ ) entre diestros ( $Md = 1$ ) y zurdos ( $Md = 2$ ). Los puntajes obtenidos se ilustran en forma de histograma en la *Figura 3*.

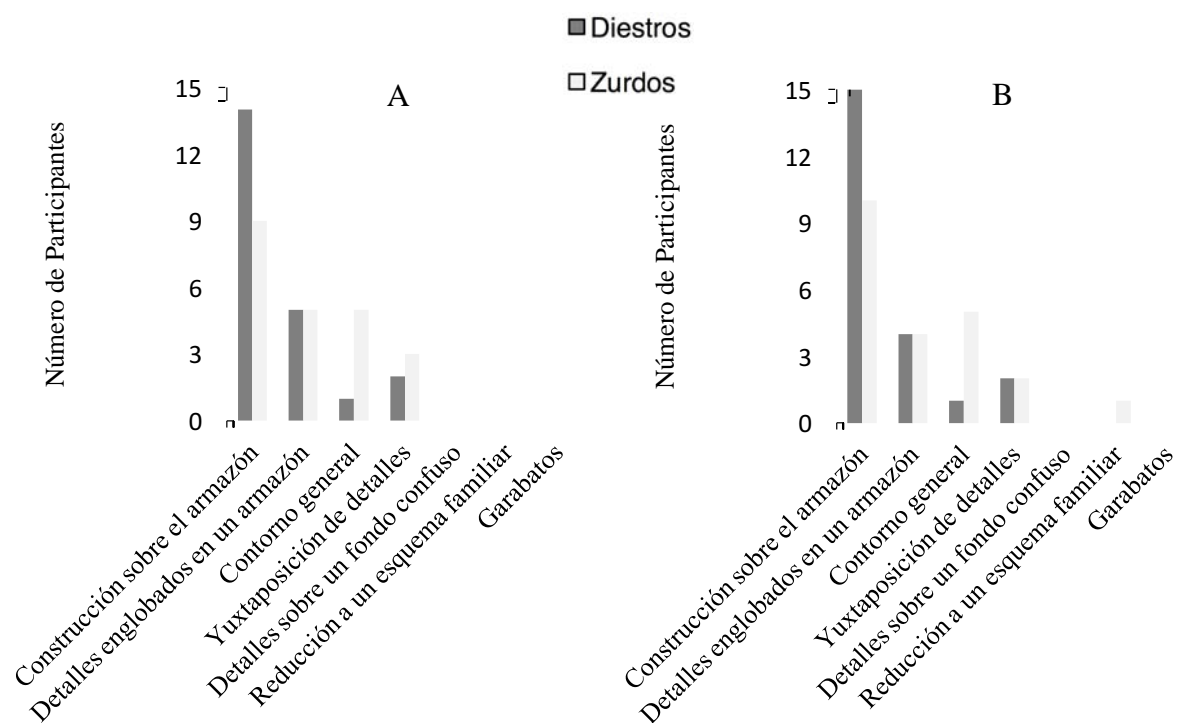


Figura 3. Clasificación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth según el método Osterrieth (1945) durante la copia (A) y la evocación (B).



En la *Figura 3* se puede observar el patrón general de la distribución de los puntajes obtenidos por diestros y zurdos según el sistema de calificación de Osterrieth (1945) para la construcción durante la copia y la memoria. Es de notar que a pesar de que las medianas para ambos grupos coincidieron con los niveles racionales más altos descritos por Osterrieth, la distribución de estos puntajes no fue equitativa en ambos grupos. Se puede apreciar que en el grupo de diestros, la mayoría de los participantes realizó una construcción sobre el armazón (14 de 22 durante la copia y 15 de 22 durante la evocación), y que se presentó una proporción mucho menor de participantes que optaron por la elaboración de la figura mediante otras estrategias. En el grupo de zurdos aunque de igual forma la mayoría de los participantes realizaron el tipo de construcción sobre el armazón (9 de 22 durante la copia y 10 de 22 durante la evocación), una mayor proporción de sujetos optó por otros tipos de construcción que no necesariamente reflejaron uno global, incrementando la variabilidad.

Entre la modalidad de copia y evocación, tanto en el grupo de diestros como en el de zurdos incrementó el número de participantes que empleó la estrategia de construcción sobre el armazón; en cuanto al resto de estrategias utilizadas, se observa que en general los diestros mantuvieron la estrategia empleada inicialmente, mientras que en el grupo de zurdos se presentaron cambios, tal es el caso de la reducción del número de participantes que construyó la figura por yuxtaposición de detalles y la aparición de la categoría de reducción a un esquema familiar.

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el tipo de estrategia organizacional empleada según el método de Anderson et al. (2001) en copia ( $z = -0.739, p > 0.05$ ) ni en memoria ( $z = -0.326, p > 0.05$ ) entre diestros ( $Md=1$ ) y zurdos ( $Md=2$ ). Los puntajes obtenidos se ilustran en forma de histograma en la *Figura 4*.

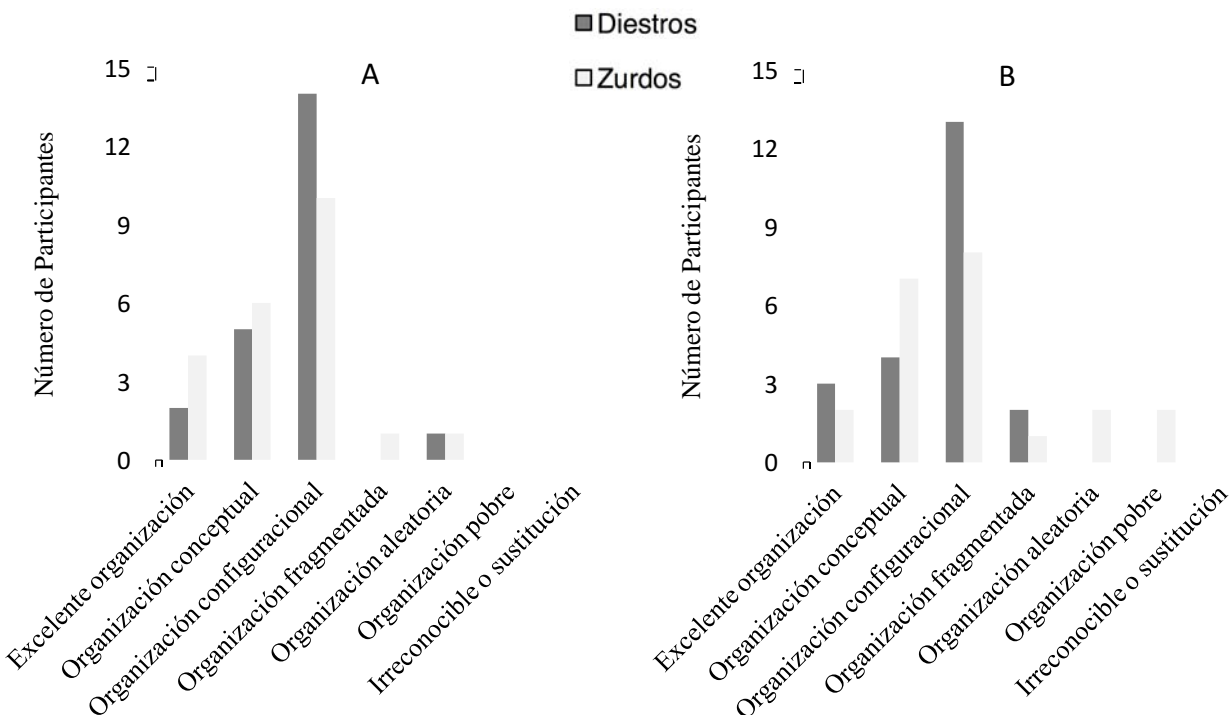


Figura 4. Clasificación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth según el sistema de Puntuación de la Estrategia Organizacional (Anderson et al., 2001) durante la copia (A) y la evocación (B).

La *Figura 4* nos permite observar que en ambos grupos, el tipo de organización configuracional fue el predominante, identificando en el grupo de zurdos más participantes que elaboraron la figura con una excelente organización (4 de 22) o mediante una organización conceptual (6 de 22), según las estrategias descritas por Anderson et al. (2001) durante la modalidad de copia; sin embargo, al analizar las estrategias empleadas durante la evocación, se observó un cambio en el grupo de diestros, donde desapareció la organización aleatoria e incrementó la organización fragmentada así como la excelente organización. En el grupo de zurdos se presentó un patrón distinto, hubo un ligero incremento en el empleo de la organización conceptual pero se redujo la frecuencia de excelente organización y organización

configuracional, incrementando a su vez la frecuencia de organización aleatoria y apareciendo dos casos con organización pobre.

Ya que estos sistemas cualitativos se enfocan en identificar el tipo y orden general empleado en cada construcción, no permiten analizar las características particulares de la elaboración de cada una de las figuras, por lo que se realizó un análisis de cada elemento partiendo de las puntuaciones generales a las particulares.

Los análisis presentados a partir de este punto corresponden exclusivamente a las construcciones realizadas durante la modalidad de memoria, en la cual las diferencias por lateralidad presentaron un mayor nivel de significancia y donde se encontró un número considerable de errores en cada grupo, observándose una reducción de los puntajes en el grupo de zurdos en comparación con el grupo de diestros que fue mucho más evidente durante la evocación, lo cual corresponde con las descripciones realizadas sobre la ejecución, tomando como sistemas de calificación aquellos que se enfocan en el tipo de construcción y la estrategia organizacional empleada.

En primera instancia se comparó el número de elementos que obtuvieron puntajes particulares según el sistema tradicional de calificación (Rey, 2003) en la modalidad de memoria. Este sistema asigna una calificación de dos puntos a cada elemento que haya sido colocado con una adecuada precisión y localización; otorga un punto a los elementos que hayan sido colocados con precisión adecuada pero localización errónea o bien, que hayan presentado una precisión errónea pero una localización adecuada; asigna 0.5 puntos a aquellos elementos con precisión inadecuada pero reconocible y localización errónea, y 0 puntos a aquellos elementos que no sean reconocibles ni que estén adecuadamente localizados (o bien, que estén

ausentes). La *Tabla 4* resume los resultados obtenidos al comparar el número de elementos promedio a los que se les asignó cada puntaje en cada grupo.

Tabla 4.

*Diferencias de lateralidad en los criterios de puntuación tradicional de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.*

Criterio de puntuación	Puntuación	Diestros		Zurdos		<i>t</i> (42)	<i>p</i>
		<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>		
Precisión y localización adecuadas	2	12.36	2.53	9.50	3.24	3.26	0.002**
Precisión adecuada, localización errónea	1	0.09	0.29	0.86	0.77	-4.376	<0.0001***
Precisión errónea, localización adecuada	1	2.41	1.44	3.09	1.51	-1.535	0.13
Precisión reconocible, localización errónea	0.5	0.36	0.66	0.41	0.67	-0.228	0.82
Precisión irreconocible, localización errónea	0	2.78	1.87	4.14	2.83	-1.882	0.06

Media (*M*) y desviación estándar (*DE*) de cada criterio de puntuación obtenido durante la construcción de la ROCF en modalidad memoria. Análisis con la prueba *t* de Student para muestras independientes, \*\* indica diferencias significativas  $p < 0.01$ , y \*\*\*  $p < 0.001$ .

Como se aprecia en la *Tabla 4*, se obtuvieron diferencias significativas en el número de elementos con precisión y localización adecuadas, siendo el grupo de diestros el que obtuvo en promedio mayor número de elementos con estas características, mientras que en el caso de una precisión adecuada pero localización errónea, las diferencias significativas indican que los zurdos presentaron en promedio más elementos con esta calificación. Estas diferencias se representan gráficamente en las *Figuras 5* y *6* respectivamente. Nótese además que se obtuvo una tendencia a la significancia estadística en el número de elementos que fueron puntuados con cero. Al revisar individualmente las construcciones de cada participante, se observó que esta

puntuación de cero correspondió a omisiones de elementos y no a precisión irreconocible con localización errónea.

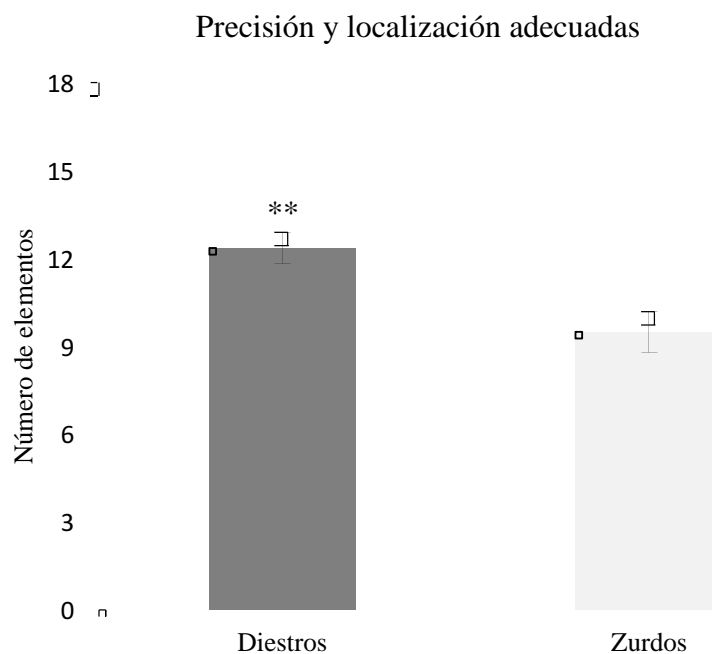


Figura 5. Promedio de elementos evocados con precisión y localización adecuadas, y barras de error típico: diferencias de lateralidad. \*\* Indica diferencias significativas  $p < 0.01$ .

La *Figura 5* muestra que el grupo de diestros presentó en promedio una cantidad mayor de elementos sin errores y que les otorgó una puntuación de 2 mediante el sistema cuantitativo clásico de calificación, lo cual es congruente con los resultados obtenidos al comparar los puntajes totales de ambos grupos.

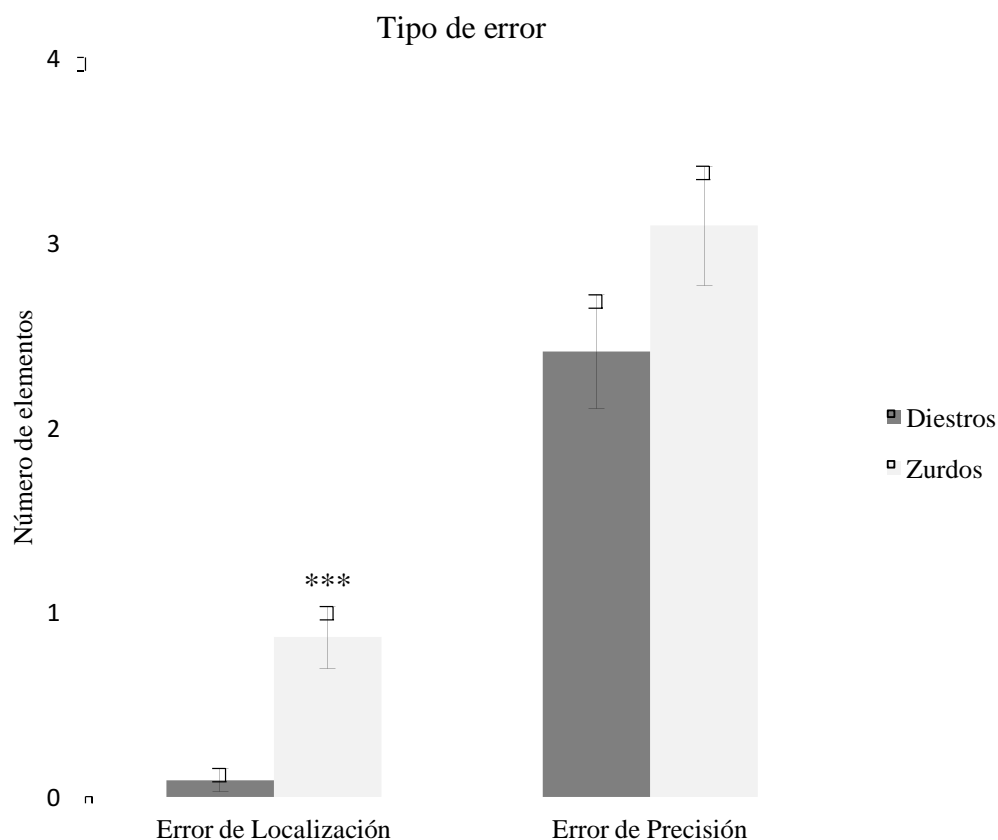


Figura 6. Promedio de elementos evocados con errores de localización y precisión, y barras de error típico: diferencias de lateralidad. \*\*\* Indica diferencias significativas  $p < 0.001$ .

La *Figura 6* muestra que al analizar el número de elementos que obtuvieron puntuación de 1 mediante el sistema cuantitativo tradicional de calificación, el grupo de zurdos presentó en promedio más elementos que fueron calificados con error de localización (precisión adecuada, localización errónea) en comparación con el grupo de diestros. Aunque también se observa que los zurdos presentaron más errores de precisión (precisión errónea, localización adecuada) que los diestros, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Con el objetivo de identificar aquellos elementos de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth en los que se presentaron diferencias acorde a la lateralidad, se analizó cada elemento

de la figura por separado, comparando el promedio del puntaje obtenido en cada uno de ellos según el sistema tradicional de calificación como se muestra en la *Tabla 5*.

Tabla 5.

*Diferencias de lateralidad en la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.*

Elemento	Diestros		Zurdos		<i>t</i> (42)	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>		
1. Cruz exterior en ángulo superior izquierdo	1.34	0.52	1.20	0.45	0.92	0.36
2. Rectángulo grande	1.91	0.29	1.86	0.35	0.46	0.64
3. Cruz de San Andrés	1.73	0.61	1.68	0.57	0.25	0.8
4. Mediana horizontal	1.95	0.21	1.73	0.63	1.6	0.11
5. Mediana vertical	2.00	0.00	1.73	0.63	2.02	0.04*
6. Rectángulo pequeño en costado izquierdo	1.41	0.72	1.11	0.84	1.25	0.21
7. Segmento pequeño sobre el rectángulo 6	1.18	1.01	0.68	0.89	1.74	0.08
8. 4 líneas paralelas en triángulo sup. izq.	1.45	0.80	1.23	0.87	0.9	0.37
9. Triángulo rectángulo superior	1.36	0.90	0.80	0.85	2.14	0.03*
10. Perpendicular en cuadrante sup. der.	0.25	0.61	0.36	0.79	-0.53	0.59
11. Círculo con tres puntos	1.68	0.65	1.43	0.62	1.3	0.19
12. 5 pequeñas líneas paralelas	1.73	0.55	1.36	0.77	1.79	0.08
13. Dos lados externos del triángulo isósceles	1.95	0.21	1.93	0.32	0.27	0.78
14. Pequeño rombo	1.73	0.70	1.57	0.76	0.72	0.47
15. Segmento vertical en triángulo 13	1.00	1.02	0.77	0.97	0.75	0.45
16. Prolongación de la mediana horizontal	1.68	0.72	1.23	0.97	1.76	0.08
17. Cruz en extremo inferior de rectángulo 2	1.48	0.63	1.27	0.69	1.03	0.3
18. Cuadrado y diagonal en extremo inf. izq.	1.57	0.54	1.09	0.67	2.6	0.01*

Media (*M*) y desviación estándar (*DE*) de la puntuación por elemento de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth en modalidad memoria. Análisis con la prueba *t* de Student para muestras independientes, \* indica diferencias significativas  $p < 0.05$ .

Para caracterizar el tipo de error cometido, se analizó cualitativamente cada elemento de la figura y se contabilizaron los errores presentes en cada uno de ellos. El tipo de error y el promedio de la frecuencia con la que se presentaron en cada grupo se resumen en la *Tabla 6*.

Tabla 6.

*Diferencias de lateralidad en el tipo de error cometido durante la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth.*

Tipo de error	Diestros		Zurdos		<i>t</i> (42)	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>		
Intrusión dentro de un elemento	0.18	0.39	0.14	0.35	0.4	0.68
Intrusión fuera de un elemento	0.36	0.66	0.68	0.72	-1.53	0.13
Ausencia parcial de un elemento	0.95	1.05	0.86	1.04	0.29	0.77
Ausencia total de un elemento	2.77	1.88	4.14	2.83	-1.88	0.06
Perseveración	0.45	0.67	0.32	0.57	0.72	0.47
Rotación	0.05	0.21	0.32	0.48	-2.44	0.01*
Distorsión	1.36	0.95	2.45	1.30	-3.17	0.003**
Cierre	0.05	0.21	0.23	0.43	-1.78	0.08
Anclaje	0.59	0.73	0.64	0.73	-0.2	0.83
Intersección	0.18	0.39	0.14	0.35	0.4	0.68
Localización	0.45	0.80	1.27	1.03	-2.93	0.005**

Media (*M*) y desviación estándar (*DE*) del tipo de error cometido durante la construcción de la ROCF en modalidad memoria. Análisis con la prueba *t* de Student para muestras independientes, \* indica diferencias significativas con  $p < 0.05$ , y \*\* $p < 0.01$ .

Como se puede apreciar, los tipos de error presentes en toda la figura que difirieron de forma significativa entre los grupos fueron: la rotación, la distorsión y el error de localización, los cuales se presentaron con mayor frecuencia en el grupo de zurdos que en el de diestros.

Con la finalidad de describir las características de construcción de los elementos en función del tipo de error, se analizó cada elemento en el que se encontraron diferencias significativas: elemento 5 (*Mediana vertical de rectángulo 2*), elemento 9 (*Triángulo rectángulo*



sobre mitad derecha del rectángulo 2) y elemento 18 (Cuadrado y diagonal en extremo inferior izquierdo).

La Figura 7 muestra que los diestros tuvieron en promedio la puntuación máxima para el elemento 5 *Mediana vertical de rectángulo 2* ( $M = 2$ ;  $DE = 0$ ) en comparación con los zurdos ( $M = 1.73$ ;  $DE = 0.63$ ) durante la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth, evidenciando diferencias significativas  $t(42) = 2.02$ ,  $p = 0.04$ .

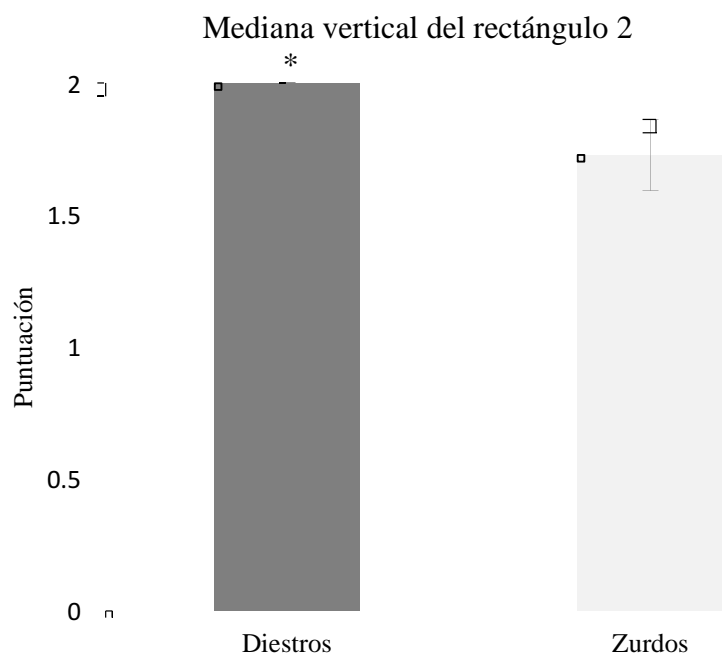


Figura 7. Puntajes promedio para el elemento 5 *Mediana vertical del rectángulo 2* durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico. \*Indica diferencias significativas  $p < 0.05$ .

La *Tabla 7* muestra la frecuencia de errores cometidos por cada grupo para el elemento 5 *Mediana vertical de rectángulo 2*.

Tabla 7.

*Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 5 durante la evocación de la ROCF.*

Tipo de error	<i>Diestros</i>	<i>Zurdos</i>
Ausencia total de un elemento	0	2
Localización	0	1

Frecuencia de errores cualitativos.

Se observa que en este elemento los diestros no cometieron errores, sin embargo algunos zurdos omitieron el elemento o lo localizaron en un lugar inadecuado.

La *Figura 8* ilustra que los diestros tuvieron en promedio una puntuación más alta para el elemento 9 *Triángulo rectángulo sobre mitad derecha del rectángulo 2* ( $M = 1.36$ ;  $DE = 0.9$ ) en comparación con los zurdos ( $M = 0.8$ ;  $DE = 0.85$ ) durante la evocación de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth, mostrando diferencias significativas  $t(42) = 2.14$ ,  $p = 0.03$ .

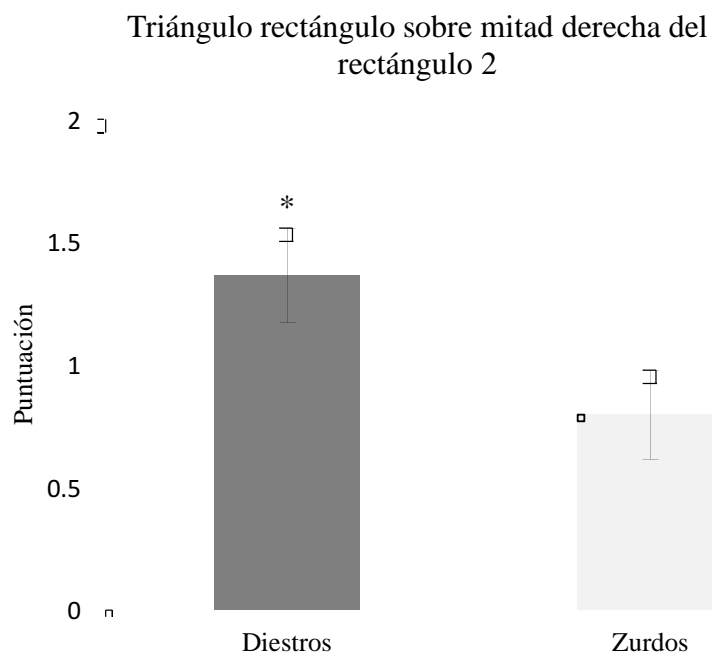


Figura 8. Puntajes promedio para el elemento 9 *Triángulo rectángulo sobre mitad derecha del rectángulo 2* durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico. \*Indica diferencias significativas  $p < 0.05$ .

La *Tabla 8* muestra la frecuencia de errores cometidos por cada grupo para el elemento 9 *Triángulo rectángulo sobre mitad derecha del rectángulo 2*.

Tabla 8.

*Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 9 durante la evocación de la ROCF.*

Tipo de error	<i>Diestros</i>	<i>Zurdos</i>
Ausencia parcial de un elemento	0	1
Ausencia total de un elemento	6	10
Rotación	0	2
Distorsión	1	3
Anclaje	0	1
Localización	1	0

Frecuencia de errores cualitativos.

En los zurdos se observan más errores de ausencia total de un elemento, es decir que no lograron recuperarlo, así mismo se presentaron errores de distorsión del elemento; se aprecian casos de error de rotación, en los que dicho elemento fue invertido totalmente en forma de espejo, de anclaje y de ausencia de alguno de los trazos. En el caso de los participantes diestros también se observa predominancia de errores de omisión total del elemento, sin embargo ocurrieron con menor frecuencia que en el grupo de zurdos, donde se presentaron casi el doble de casos. El grupo de diestros obtuvo adicionalmente un error de localización y un error de distorsión.

La *Figura 9* muestra las diferencias significativas  $t(42) = 2.6, p = 0.01$  entre los promedios de la puntuación para el elemento 18 *Cuadrado y diagonal en extremo inferior izquierdo*, donde los diestros obtuvieron un puntaje más alto ( $M = 1.57; DE = 0.54$ ) en comparación con los zurdos ( $M = 1.09; DE = 0.67$ ).

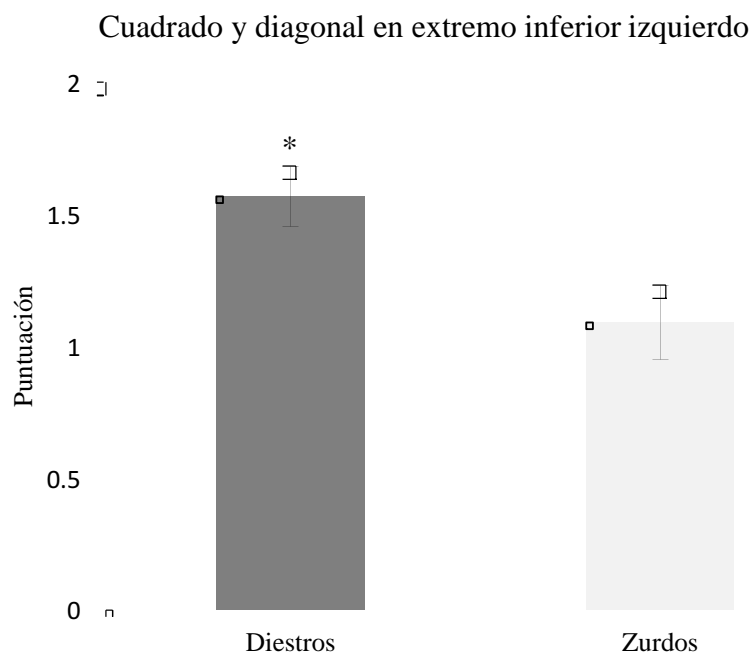


Figura 9. Puntajes promedio para el elemento 18 *Cuadrado y diagonal en extremo* durante la evocación de la ROCF, y barras de error típico. \*Indica diferencias significativas  $p < 0.05$ .

La *Tabla 9* muestra la frecuencia de errores cometidos por cada grupo para el elemento 18 *Cuadrado y diagonal en extremo inferior izquierdo*.

Tabla 9.

*Diferencias de lateralidad y errores cualitativos cometidos en el elemento 18 durante la evocación de la ROCF.*

Tipo de error	<i>Diestros</i>	<i>Zurdos</i>
Intrusión dentro de un elemento	0	2
Ausencia parcial de un elemento	5	7
Ausencia total de un elemento	0	3
Perseveración	4	1
Rotación	0	3
Distorsión	3	7
Cierre	0	1

Frecuencia de errores cualitativos.

En este último elemento, los errores que cometieron con más frecuencia los participantes zurdos fueron de ausencia parcial de un elemento, donde por lo general se omitió la diagonal del cuadrado, y de distorsión, donde se modificaron los trazos internos del cuadrado o se deformó éste último. Adicionalmente se presentaron errores de ausencia total de un elemento y de rotación, donde invirtieron la orientación de la línea diagonal (errores que no se observaron en los participantes diestros). En menor cantidad se llegaron a presentar errores de intrusión dentro del elemento, de perseveración y de cierre. En los diestros también predominó el error de ausencia parcial del elemento, aunque en menor cantidad; para este elemento los diestros cometieron más errores de perseveración, donde se replicaron características de otros elementos como una cruz, y en menor cantidad, errores de distorsión.

Los análisis por elemento y tipos de error reflejan que si bien ambos grupos presentaron errores, los zurdos los cometieron con mayor frecuencia y mostrando mayor variabilidad que el grupo de diestros. Es de resaltar que aunque se presentaron tipos de error que predominaron en ambos grupos, en la mayoría de los casos el grupo de zurdos los manifestó en mayor proporción. Aquellos errores que fueron significativamente distintos entre los grupos fueron los de distorsión, localización y rotación.

## VI. Discusión.

Nuestro objetivo general fue comparar el desempeño de diestros y zurdos en la ROCF. Los primeros análisis estadísticos revelaron que al comparar el desempeño de diestros y zurdos, existen diferencias en los puntajes que obtienen tanto en la fase de codificación como en la de evocación al realizar la ROCF. Los datos mostraron que los diestros resuelven mejor esta tarea, lo cual pudiera reflejar diferencias en cuanto al procesamiento de la información visuoespacial entre ambos grupos. Anteriormente Galán y del Río (2012) reportaron un patrón similar al emplear esta prueba, pero sus datos no alcanzaron la significancia estadística, sin embargo encontraron diferencias significativas a favor de los diestros al emplear prueba de atención visuoespacial donde debían dirigir la mirada hacia uno u otro lado y responder manualmente dependiendo de las características del estímulo presentado, lo que podría sugerir una forma distinta a través de la cual los zurdos codifican la información visuoespacial a la que son expuestos.

Con la finalidad de identificar qué características del procesamiento visuoconstructivo pudieran relacionarse con la efectividad con la que se realiza esta tarea, calificamos la ROCF por medio de dos sistemas cualitativos que nos permitieron identificar el tipo de construcción, evaluado por el sistema de calificación de Osterrieth (1945); y la estrategia organizacional empleada para reproducir la figura, por medio del sistema de calificación de Anderson et al. (2001). Ambos sistemas aportan resultados en una escala de medición ordinal por lo que sometimos nuestros datos a estadística no paramétrica, la cual no mostró diferencias entre grupos.



Ya que la comparación de medianas no nos permitió explicar nuestros hallazgos, incluimos la descripción de datos a partir de la frecuencia con las que se presentó cada puntuación de ambos sistemas de calificación en ambos grupos.

Por medio del sistema de Osterrieth (1945) identificamos que la mayoría de los participantes diestros elaboraron construcciones sobre un armazón, lo que nos indicó un tipo de construcción global a partir del cual, se ensamblaron los elementos restantes. Este tipo de construcción también fue el predominante en los zurdos, pero en una proporción menor. Mientras que la mayoría de los diestros realizó la construcción de esta forma, menos de la mitad de los zurdos lo hizo de la misma manera. El grupo de zurdos se distribuyó de forma más heterogénea en los tipos de construcción que permite identificar este sistema de calificación, lo cual nos habla de que en ese grupo existe más variabilidad en cuanto al tipo de construcción que adoptan, que puede ir desde uno global hasta otros fragmentados. Al observar la distribución de frecuencias entre la copia y la evocación, advertimos que en ambos grupos incrementó el número de participantes que emplearon tipos globales de construcción, sin embargo en el grupo de zurdos pudimos observar que también apareció el tipo de construcción por reducción a un esquema familiar, el cual no se había presentado durante la codificación. Esto reitera la variabilidad existente en ese grupo, la cual incrementó durante la fase de evocación.

Nuestros datos muestran que el sistema de Osterrieth (1945) no permite identificar diferencias al comparar las medianas de ambos grupos, sin embargo la distribución de frecuencias ilustra cómo hubo más diestros que tendieron a usar estrategias de construcción global tanto en la fase de codificación como durante la evocación. En relación con esto podemos remitirnos a la teoría de la procedencia global descrita por Sullivan et al. (1992). Según este planteamiento, una codificación global de los estímulos favorece a una reproducción inicial

precisa que impacta en la reproducción de memoria. Nuestros datos concuerdan con el modelo. Si bien la naturaleza del instrumento de medición que empleamos no permitió realizar análisis que reflejaran causalidad, se aprecia cómo una codificación global inicial favoreció a una construcción holística en la fase de memoria que pudiera impactar en la facilidad con la que se accede a la información, mejorando la precisión con la que los elementos de la figura son evocados. Si bien en ambos grupos se observó una tendencia a optar por una estrategia más efectiva durante la evocación que aquella empleada durante la copia, en el grupo de zurdos llegaron a presentarse casos donde en vez de realizar un tipo de construcción global más efectivo, se optó por uno fragmentado, lo que pudiese perjudicar el desempeño en la tarea y podría ser un indicador de una organización distinta de la información visuoespacial.

El análisis por el sistema de puntuación sobre la estrategia organizacional de Anderson et al. (2001) tampoco permitió realizar predicciones sobre el impacto de la estrategia organizacional empleada en la precisión de la evocación. Por medio de este sistema de puntuación, la comparación de medianas tampoco mostró diferencias significativas entre grupos, sin embargo la forma en la que se distribuyeron las frecuencias permitió observar distintos patrones sobre cómo ambos grupos pudiesen organizar la información visuoespacial. Tanto en diestros como en zurdos, la estrategia organizacional más empleada fue la configuracional, lo que indicó que para la mayoría, la secuencia de construcción de la figura no necesariamente implicaba la elaboración inicial del rectángulo central con sus líneas divisoras que permitieran organizar la información en cuadrantes espaciales. Esto sugiere el uso de otro tipo de indicadores para la organización precisa de la construcción.

Un dato relevante que mostró este sistema de calificación fue que durante la copia hubo más zurdos que emplearon una excelente organización tal cual la describen Anderson et al.

(2001), donde el primer elemento que se construye es el rectángulo central, seguido de las líneas centrales horizontal y vertical que permiten añadir las secciones internas y accesorios externos en un marco general, y facilita organizar la información espacial de una forma más efectiva. Sin embargo, el número de zurdos que empleó esta estrategia durante la evocación se redujo, mientras que el número de diestros incrementó. Esta estrategia organizacional durante la evocación podría impactar en la calidad de la misma, donde en el grupo de zurdos se reduzca la efectividad con la que se organiza la información mientras que en el grupo de diestros incrementa.

Es de notar que el cambio en la distribución del grupo de zurdos no se dio de niveles de organización altos a intermedios, pues se presentó un incremento en la frecuencia de organización aleatoria y apareció la categoría de organización pobre. En el caso de los diestros, aquellos que se encontraban en la categoría de organización aleatoria pasaron a niveles de organización más efectivos, lo cual podría indicarnos que durante la evocación de la figura, los atributos de la misma se encontraban mejor organizados, mientras que en el grupo de zurdos se presentó de manera diferente, al menos en algunos participantes. Estos resultados concuerdan con los datos de la investigación de Chen et al. (2012), donde encontraron que pacientes con lesiones derechas, se beneficiaban de estrategias de organización global para el desempeño de tareas de memoria visuoespacial evaluadas mediante la construcción y evocación de figuras complejas, en comparación a cuando realizan construcciones que denotaban estrategias organizacionales pobres o fragmentadas.

Mediante este sistema de calificación (Anderson et al., 2001) podemos identificar que algo pasó en el grupo de zurdos durante la evocación, que modificó la forma de organización de la información visuoespacial, manifestada en cambios en las estrategias de construcción que

resultan menos efectivas y que podrían impactar en el desempeño de la prueba (Sullivan et al., 1992; Chen et al., 2012). Por el contrario, en el grupo de diestros ambos sistemas (Osterrieth, 1945; Anderson et al., 2001) nos permitieron identificar cambios que aunque son discretos, nos indicaron una tendencia a organizar de forma más efectiva la información visuoespacial cuando fue empleada durante la evocación, lo que podría señalar diferencias en los circuitos relacionados con la memoria visuoespacial y que han sido descritos como correspondientes a estructuras parietotemporales bilaterales (Zola-Morgan et al., 1986; Kravitz et al., 2011; Esfahani-Bayerl et al., 2016).

Reiteramos que aunque para estos sistemas de puntuación los análisis no paramétricos no mostraron diferencias significativas entre los grupos, el análisis cualitativo que realizamos permitió observar indicios sobre los distintos patrones cognitivos que presentaron ambos grupos. Este es un dato de relevancia pues el sistema de Anderson et al. (2001) originalmente fue diseñado debido a que los autores consideraban el sistema de Osterrieth (1945) como demasiado ambiguo y que no permitía identificar diferencias sustanciales en las estrategias de organización empleadas para la resolución de la ROCF. Nuestra investigación demuestra que en realidad ambos sistemas al ser demasiado generales, podrían no ser sensibles en la detección de las características del procesamiento que subyazcan a las diferencias encontradas inicialmente, pero que mediante un análisis detallado de acuerdo a sus criterios, se pueden encontrar datos que reflejan en realidad distintos componentes presentes en la elaboración de figuras complejas como son el tipo de construcción y la estrategia organizacional.

Para profundizar en el análisis de las características de la construcción durante la evocación que pudieran relacionarse con el desempeño de ambos grupos, analizamos las diferencias entre el tipo de acierto o error que presentaban los participantes según los criterios de

calificación de Rey (2003). Esto nos permitió observar que las diferencias se centraron en el total de elementos que replicaban con precisión y localización adecuadas, donde los diestros realizaron más elementos que fueron calificados de esta forma; esto nos habla nuevamente de que existe una representación más precisa de los elementos en este grupo de participantes. Por otro lado, los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas en el número de elementos que fueron calificados con precisión adecuada pero localización errónea, donde los zurdos presentaron más elementos con estas características, lo cual nos dio un primer indicio sobre qué parte del procesamiento era distinto. Fueron escasos los diestros que presentaron algún problema de localización, mientras que en los zurdos el promedio de errores de localización por participante fue mayor, lo que nos dice que muchos de ellos tendían a presentar por lo menos un error de este tipo durante la evocación. Los análisis no reflejaron diferencias en el número de elementos que eran replicados con mala precisión, ni con características reconocibles pero localización errónea, pero observamos una tendencia a la significancia estadística en aquellos donde se cometían en conjunto errores de precisión y de localización. Al analizar las construcciones de cada participante observamos que este último criterio lo que reflejaba era la ausencia del elemento, por lo que también se presentó una tendencia a omitir una mayor cantidad de elementos en el grupo de zurdos que en el de diestros. En conjunto estos datos nos permitieron esclarecer que las diferencias en puntajes totales durante la recuperación de la figura se centraron en la cantidad de elementos evocados adecuadamente, en la forma en que fueron localizados y en parte, el número de elementos olvidados.

El siguiente paso de nuestros análisis fue determinar cuáles elementos de la figura eran los que presentaban diferencias entre los grupos, y que correspondieron al elemento *5 mediana vertical*, el *9 triángulo rectángulo superior derecho* y el *18 cuadrado con diagonal en extremo*

*inferior izquierdo*. Estos resultados nos indicaron en qué elementos se presentaban las diferencias pero no nos permitían analizar qué características de la construcción podrían determinar estas diferencias. Para ello procedimos a analizar los tipos de error que presentaban los participantes en toda la construcción y posteriormente en cada uno de estos elementos. Para ello utilizamos criterios de calificación cualitativa por elemento, tal como se han descrito en otros trabajos (Galindo et al., 1996; Salvador et al., 1996), determinados mediante la observación de las características con las que se construían los elementos en nuestra muestra. Esto nos permitió precisar que los tipos de errores que presentaron diferencias en la construcción total según la lateralidad, eran los de rotación, distorsión y localización del elemento (este último reportado previamente), donde el grupo de zurdos presentó con mayor frecuencia estos errores en comparación con el de diestros.

Al caracterizar cada elemento que nos indicaba diferencias significativas, observamos que en el *5 mediana vertical*, las distinciones podían evidenciarse mediante el hecho de que los diestros no mostraban errores, mientras que los zurdos presentaban omisión del elemento o lo localizaban en un sitio inapropiado. Este resulta un elemento crucial de la figura pues divide el rectángulo principal por la mitad y se le ha dado importancia especial en el proceso de recuperación de la figura pues facilita la organización espacial del resto de los elementos (Anderson et al., 2001). La omisión de este referente espacial crucial podría impactar en la representación de la figura de forma holística (Lange et al., 2000), lo cual concuerda con nuestros análisis sobre la estrategia organizacional empleada por el grupo de zurdos donde durante la evocación, se presentó un mayor número de participantes que empleaba estrategias organizacionales deficientes.

Para el elemento 9 *triángulo rectángulo superior derecho* pudimos caracterizar distintos tipos de error, donde para el grupo de diestros se presentaron omisiones del elemento, una distorsión y un error de localización. En el grupo de zurdos también se presentaron omisiones del elemento, pero correspondieron casi al doble de casos que en el grupo de diestros, los errores de distorsión se triplicaron, mientras que no se presentaron errores de localización. Aunado a esto aparecieron también errores de ausencia parcial del elemento, de anclaje y de rotación. Este último tipo de error resulta relevante pues constituye uno de los que presentaron diferencias significativas entre grupos.

Algo resaltable para este elemento es que los zurdos no presentaron problemas para localizarlo, sin embargo la precisión de la construcción fue deficiente, donde el elemento no se anclaba a la mediana vertical, se distorsionaba o se rotaba totalmente, cambiando la orientación del mismo, todo esto aunado a que se omitía totalmente con mayor frecuencia que en el grupo de diestros. Un cuestionamiento que podríamos hacernos con respecto a estos datos es si el elemento era omitido o evocado de forma imprecisa debido a sus características o a su posición en la figura. En relación con esto último, las investigaciones del procesamiento global y local de los elementos indican una ventaja del hemisferio izquierdo en el procesamiento local de los elementos, particularmente aquellos ubicados en el campo visual derecho (Volberg & Hübner, 2004). Si en el grupo de zurdos, la especialización hemisférica para el procesamiento motor es menor en el hemisferio izquierdo que en el derecho (Hervé et al., 2005), podrían existir otras características relacionadas con este hemisferio que sean distintas. El triángulo rectángulo podría ser omitido o distorsionado debido a una disminución en la capacidad de procesar localmente el elemento por su ubicación en el campo visual, refiriendo en ese campo visual un procesamiento

global por parte del hemisferio derecho (Volberg & Hübner, 2004) que no contemple al elemento o que no especifique sus características particulares.

Para el elemento 18 *cuadrado con diagonal en extremo inferior izquierdo*, no se presentaron errores de localización en ningún grupo. Los diestros mostraron más errores de perseveración donde se colocaba una cruz en vez de una única diagonal. En el grupo de zurdos, se presentaron más errores de ausencia parcial de un elemento (omitiendo la diagonal) y de distorsión (elaborando un rectángulo en vez de un cuadrado); adicionalmente se presentaron errores que no se observaron en los diestros, como la intrusión de características no correspondientes, la rotación de la diagonal, problemas de cierre y la omisión total del elemento. Esto nos indicó que para el grupo de diestros fue un elemento saliente de la figura, pues no se omitió; mientras que algunos zurdos no lograron evocarlo. Adicionalmente, el tipo de errores presentes en los diestros podría indicar una asociación con otros elementos de la figura que faciliten su evocación, como el elemento 6 *pequeño rectángulo inferior*, que incluye una cruz. En el grupo de zurdos, los errores nos indicaron que puede haber una deficiencia en el procesamiento local de la figura pues era omitida o sus características no eran recordadas con detalle, como es el caso de la orientación de la diagonal o la ausencia de la misma. Retomando el planteamiento de Volberg y Hübner (2004), el procesamiento local realizado por el hemisferio izquierdo podría no ser tan eficiente, explicando la modificación de las características del elemento y reiterando la ventaja sobre el campo visual derecho, por lo que podría explicarse la omisión total del elemento.

En conjunto, nuestros análisis reflejan en primer lugar que la organización construccional de la figura presenta más variabilidad en el grupo de zurdos, donde llegan a adoptarse estrategias que resultan menos efectivas para la codificación y evocación de información visuoespacial



(Anderson et al., 2001), las cuales se han relacionado con disfunciones en el hemisferio derecho (Chen et al., 2012), y que se reflejan de forma distinta en el número de elementos evocados adecuadamente por cada grupo, pero que en nuestra muestra no reflejó disfunciones patológicas. Por otro lado, la aproximación al procesamiento local de los elementos, relacionado con el hemisferio izquierdo (Volberg & Hübner, 2004) podrían indicar diferencias en este dominio que impacten en las características con las que son evocados los estímulos, cambiando algunas características de los mismos u omitiéndolos totalmente.

Nuestros datos indican que la población zurda en realidad no presentó deficiencias que la posicionen por debajo de la norma en esta prueba (Ostrosky-Solís et al., 2007; Rivera et al., 2015), sin embargo los tipos de construcción y las estrategias organizacionales podrían indicar un procesamiento de codificación y evocación de la información visuoespacial distinta, que resulta ser menos efectiva que la que emplean la mayoría de diestros al tomar al promedio como referencia, y que es consistente con los tipos de error y la frecuencia de ocurrencia de los mismos. Esto lo que refleja es la existencia de mayor variabilidad en el grupo de zurdos en cuanto al procesamiento de información visuoespacial que impacte a su vez en la efectividad durante la evocación de la ROCF donde no se observaron deficiencias, pero que muestra que cada participante puede emplear estrategias de codificación y evocación distintas que expliquen las diferencias encontradas en los análisis cuantitativos mediante el sistema tradicional de calificación de la prueba.

Las implicaciones de nuestros hallazgos en el ámbito de la psicología se relacionan con cuestiones psicopedagógicas, donde el analizar las estrategias empleadas por los niños para codificar y evocar información visuoespacial permitiría proponer modelos de enseñanza que faciliten el procesamiento de este tipo de información y que promueva indirectamente estrategias

efectivas durante la realización de otras tareas cognitivas que demandan habilidades espaciales como es el caso de la lectoescritura y el cálculo. Recalamos que este tipo de análisis no debería ser empleado de forma exclusiva en la población zurda, pues a pesar de que presentan mayor variabilidad en estas características, los diestros no están exentos del empleo de estrategias menos efectivas para la codificación y evocación de información visuoespacial.

En el ámbito de la neuropsicología, nuestros datos recalcan la necesidad de emplear la ROCF de una forma profunda, explorando toda la información que es capaz de proveer al ser analizada por medio de distintos sistemas de calificación, además enfatizamos en la necesidad de establecer parámetros y normas para la población zurda de las pruebas empleadas tanto en la clínica como en la investigación, pues demostramos que es un grupo que presenta más variabilidad y emplea estrategias distintas para procesar la información visuoespacial. Queda enriquecer nuestros datos empleando pruebas distintas que se relacionen con este mismo procesamiento o que incluso exploren otros dominios donde el procesamiento también pudiese presentar diferencias de acuerdo a la lateralidad manual.

## VII. Conclusión.

Los datos de nuestra investigación indicaron diferencias en el desempeño en el Test de Figura Compleja de Rey-Osterrieth entre diestros y zurdos. Estas diferencias son más evidentes en la fase de evocación, sugiriendo un procesamiento distinto de la información visuoespacial que pudieran verse reflejadas en el uso de estrategias diferentes para la organización de esta información durante el recuerdo y que influya en la calidad del mismo.

A pesar de estas diferencias, las puntuaciones promedio de nuestros participantes no reflejaron alteraciones, pues corresponden a las esperadas según los datos de normalización que existen para nuestro país. Sin embargo, es ampliamente reconocido que durante una evaluación neuropsicológica un factor importante a considerar es la lateralidad manual de los participantes. Nuestros datos sugieren la necesidad de realizar una caracterización más amplia sobre los perfiles de ejecución de esta prueba en ambas poblaciones para esclarecer la rigurosidad con la que debería ser evaluada cada población.

La calificación de la prueba por medio de sistemas cualitativos no permitió identificar diferencias de grupo debido a las características de medición de los mismos, sin embargo nuestros datos sugieren el empleo de estrategias constructivas y organizacionales diferentes en ambos grupos, las cuales tendieron a ser más heterogéneas en la muestra zurda principalmente en la fase de memoria, donde llegaron a presentarse estrategias de organización menos eficientes, que corresponden con un procesamiento fragmentado de la información y que pudieran impactar en la calidad de la evocación de información visuoespacial.

Se observaron diferencias en el procesamiento de las características locales de algunos elementos que podrían impactar en la forma de organizar la información, la cual a su vez podría relacionarse con la calidad con la que evocan la figura las personas zurdas.

Si bien los datos de la literatura no son consistentes con respecto a la organización neuroanatómica y funcional de las habilidades visuoespaciales, nuestros datos sugieren la necesidad de caracterizar esta organización de acuerdo al tipo de procesamiento y contemplando el factor de la lateralidad, pues hemos encontrado patrones de organización de la información distinta que no refleja alteraciones pero sí inducen variabilidad en el grupo zurdo, donde llegaron a presentarse estrategias menos efectivas que en la literatura se han asociado con disfunciones en el hemisferio derecho (por parte del procesamiento global), o en izquierdo (cuando el procesamiento local se ve deteriorado).

Nuestra investigación permite sustentar la existencia de un componente neuroanatómico distinto que impacte en la organización global y local de la información visuoespacial en las personas zurdas, que les permite aún así mantenerse dentro de los parámetros de desempeño esperados para la población diestra y que refleja variabilidad que no necesariamente se ve manifestada en disfunción de las habilidades visuoconstruccionales y de memoria visuoespacial.

Nuestros datos permiten proponer las características visuoconstructivas y organizacionales como elementos importantes a considerar durante la evaluación realizada por medio de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth, pues podrían dar indicios acerca del procesamiento de codificación y evocación de la información que ayuden a explicar e interpretar las puntuaciones que obtienen tanto personas diestras como zurdas.

El empleo de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth y su calificación por medio de distintos sistemas que exploren características cualitativas de la misma, podría tener implicaciones psicopedagógicas que permitan la selección e implementación de estrategias efectivas del procesamiento de la información que impacten en la destreza de distintos dominios cognitivos, en diestros y zurdos.

### VIII. Referencias.

- Agcaoglu, O., Miller, R., Mayer, A. R., Hugdahl, K., & Calhoun, V. D. (2015). Lateralization of resting state networks and relationship to age and gender. *Neuroimage*, *104*, 310-325.
- Amunts, K., Schlaug, G., Schleicher, A., Steinmetz, H., Dabringhaus, A., Roland, P. E., & Zilles, K. (1996). Asymmetry in the Human Motor Cortex and Handedness. *Neuroimage*, *4*, 216-222.
- Anderson, P., Anderson, V., & Garth, J. (2001). Assessment and development of organizational ability: The Rey Complex Figure Organizational Strategy Score (RCF-OSS). *The Clinical Neuropsychologist*, *15*(1), 81-94.
- Annett, M. (1970). A classification of hand preference by association analyses. *British Journal of Psychology*, *61*, 303-321.
- Annett, M (1985). *Left, right, hand and brain: The right shift theory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Annett, M. (2002). *Handedness and brain asymmetry: the right shift theory*. Hove, UK: Psychology Press.
- Annett, M. (2006). The right shift theory of handedness and brain asymmetry in evolution, development and psychopathology. *Cognition Brain & Behavior*, *10*(2), 235-250.
- Annett, M., & Manning, M. (1989). The disadvantages of dextrality for intelligence. *British Journal of Psychology*, *80*, 213-226.
- Annett, M., & Manning, M. (1990a). Reading and a balanced polymorphism for laterality and ability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *31*, 511-529.
- Annett, M., & Manning, M. (1990b). Arithmetic and laterality. *Neuropsychologia*, *28*, 61-69.
- Armour, J.A. L., Davison, A., & McManus, I. C. (2014). Genome-wide association study of handedness excludes simple genetic models. *Heredity*, *112*, 221-225.
- Arning, L., Ocklenburg, S., Schulz, S., Ness, V., Gerding, W. M., Hengstler, J. G., ... Beste, C. (2015). Handedness and the X chromosome: The role of androgen receptor CAG-repeat length. *Scientific Reports*, *5*, 1-5. doi: 10.1038/srep08325.
- Ashton, V. L., Donders, J., & Hoffman, N. F. (2005). Rey Complex Figure Test performance after Traumatic Brain Injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *27*(1), 55-64.

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. En Spence, K. W., & Spence, J. T. (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 742-775). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Banich, M. (1989). Spatial Processing. En *Neuropsychology: The Neural Bases of Mental Function* (pp. 202-233). Boston, USA: Houghton Mifflin Company.
- Bakan, P., Dibb, G., & Reed, P. (1973). Handedness and birth stress. *Neuropsychologia*, *11*, 363-366.
- Beratis, I. N., Rabavilas, A. D., Kyprianoun, M., Papadimitriou, G. N., & Papageorgiou, C. (2013). Investigation of the link between higher order cognitive functions and handedness. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *35*(4), 393-403.
- Beratis, I. N., Rabavilas, A. D., Paadimitriou, G. N., & Papageorgiou, C. (2010). Effect of handedness on the Stroop Colour Word Task. *Laterality*, *15*(6), 597-609.
- Biesbroek, J. M., van Zandvoort, M. J. E., Kuijf, H. J., Weaver, N. A., Kappelle, L. J., Vos, P. C., ... Postma, A. (2014). The anatomy of visuospatial construction revealed by lesion-symptom mapping. *Neuropsychologia*, *62*, 68-76.
- Blau, A. (1946). *The master hand: a study of the origin and meaning of right and left sidedness and its relation to personality and language*. New York: The American Orthopsychiatric Association.
- Binder, L. M. (1982). Constructional strategies on complex figure drawings after unilateral brain damage. *Journal of Clinical Neuropsychology*, *4*(1), 51-58.
- Brady, T. F., Konkle, T., & Alvarez, G. A. (2011). A review of visual memory capacity: Beyond individual ítems and toward structured representations. *Journal of Vision*, *11*(5), 1-34.
- Brady, T. F., Konkle, T., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2008). Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*, 14325-14329.
- Burke, M. R., Poyser, C., & Schiessl, I. (2014). Age-related déficits in visuospatial memory are due to changes in preparatory set and eye-hand coordination. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences* SN, 1-10. doi: 10.1093/geronb/gbu027.
- Burt, C. (1937). *The backward child*. London: University of London Press.

- Cakur, B., Yildiz, M., Dane, S., & Zorba, Y. O. (2011). The effect of right or left handedness on caries experience and oral hygiene. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, 2(1), 40-42.
- Calev, A., Edelist, S., Kugelmass, S., & Lerer, B. (1991). Performance on long-stay schizophrenics on matched verbal and visuospatial recall tasks. *Psychological Medicine*, 21(3), 655-660.
- Chen, P., Hartman, A. J., Galarza, C. P., & DeLuca, J. (2012). Global processing training to improve visuospatial memory deficits after right-brain stroke. *Archives of clinical neuropsychology*, 27, 891-905.
- Corballis, M. C. (2009). The evolution and genetics of cerebral asymmetry. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 324, 867-870. doi: 10.1098/rstb.2008.0232.
- Corballis, M. C. (2014). Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies. *PLOS Biology*, 12(1), 1-6.
- Corballis, M. C., Badzakova-Trajkov, G., & Häberling, I. S. (2012). Right hand, left brain: genetic and evolutionary bases of cerebral asymmetries for language and manual action. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 3, 1-17.
- Coren, S., & Halpern, D. F. (1991). Left-handedness: A marker for decreased survival fitness. *Psych. Bul*, 109, 90-106.
- Coren, S. (1992). *The Left-Hander Syndrome: The Causes and Consequences of Left-Handedness*. New York: The Free Press.
- Cortés, J. F., Galindo y Villa, G., & Salvador, J. (1996). La Figura Compleja de Rey: propiedades psicométricas. *Salud Mental*, 19(3), 42-48.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.
- Cuencas, R., Von Seggern, B., Toledo, R., & Harrell, E. H. (1990). El inventario de Edimburgo: Evaluación de la lateralidad cerebral en una población mexicana. *Salud Mental*, 13(2), 11-17.
- 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 and development*, 22, 362-367.
- Diamond, B. J., & DeLuca, J. (1996). Rey-Osterrieth Complex Figure Test performance following anterior communicating artery aneurysm. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 11(1), 21-28.

- Esfahani-Bayerl, N., Finke, C., Braun, M., Düzel, E., Heekeren, H. R., Holtkamp, M., ... Ploner, C. J. (2016). Visuo-spatial memory deficits following medial temporal lobe damage: A comparison of three patient groups. *Neuropsychologia*, *81*, 168-179.
- Etymonline.com. (2016). Online Etymology Dictionary. [online] Disponible en: <http://www.etymonline.com/>[Accesado 15 abr.2016].
- Foundas, A., Hong, K., Leonard, C., & Heilman, K. (1998). Hand preference and magnetic resonance imaging asymmetries of the central sulcus. *Neuropsychiatry Neuropsychol. Behav Neurol*, *11*, 65-71.
- Galán-López, I., & del Río-Portilla, Y. (2012). Influencia de lateralidad manual sobre habilidades visuoespaciales. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, *38*(3), 27-44.
- Galindo y Villa, G., Cortés, J. F., & Salvador, J. (1992). Diseño de un nuevo procedimiento para calificar la Figura Compleja de Rey: confiabilidad interevaluadores. *Salud Mental*, *19*(2), 42-48.
- Galindo y Villa Molina, G., Balderas-Cruz, M. E., Salvador-Cruz, J., & Reyes-Zamorano, E. (2010). Estandarización de la Figura de Taylor en población mexicana. *Salud Mental*, *33*, 341-345.
- Guadalupe, T., Willems, R., Zwiers, M., Arias, A., Hoogman, M., Hagoort, P., Fernandez, G., ... Clyde F. (2014). Differences in cerebral cortical anatomy of left- and right-handers. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1-8.
- Guyton, C., & Hall, j. E. (2011). *Tratado de fisiología médica*. Barcelona: Elsevier.
- Geschwind, N., & Behan, O. P. (1984). Laterality, Hormones, and Immunity. En Geschwind, N., & Galburda (eds.). *Cerebral dominance* (pp. 211-224). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Arch Neurol*, *42*, 428-459.
- Graham. C. J., & Cleveland, E. (1995). Left-handedness as an Injury Risk Factor in Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, *16*, 50-52.
- Halpern, D. F., & Coren, S. (1988). Do right-handers live longer? *Natur**3*, *333*, 213.
- Halpern, D. F., Haviland, M. G., & Killian, C. D. (1998). Handedness and sex differences in intelligence: evidence from the medical college admission test. *Brain Cognition*, *38*, 87-101. doi: 10.1006/brcg.1998.1021.



- Hepper, P., Wells, D., & Lynch, C. (2005). Prenatal thumb sucking is related to posnatal handedness. *Neuropsychologia*, *43*, 313-315.
- Hernández-Llanes, N. F. (2011). *Relación entre lateralidad y dependencia de campo visual*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Hertz, R. (1969). *Death and the right hand*. Aberdeen, Scotland: Cohen and West.
- Hervé, P., Crivello, F., Perchey, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *NeuroImage*, *29*, 1066-1079.
- Hervé, P., Mazoyer, B., Crivello, F., Perchey, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Finger tapping, handedness and grey matter amount in the Rolando's genu area. *NeuroImage*, *25*, 1133-1145.
- Hess, R. H., Baker, C. L., & Zihl, J. (1989). The "motion-blind" patient: low-level spatial and temporal filters. *The Journal of Neuroscience*, *9*(5), 1628-1640.
- Hugdahl, K., Satz, P., Mitrushina, M., & Miller, E. N. (1993). Left-handedness and old age: do left-handers die earlier? *Neuropsychologia*, *31*(4), 325-333.
- Ino, T., Asada, T., Ito, J., Kimura, T., & Fukuyama, H. (2003). Parieto-frontal networks for clock drawing revealed with fMRI. *Neurosciences Research*, *45*, 71-77.
- Irish, M., Bunk, S., Tu, S., Kamminga, J., Hodges, J. R., Hornberger, M., & Piguet, O. (2015). Perseveration of episodic memory in semantic dementia: The importance of regions beyond the medial temporal lobes. *Neuropsychologia*, *81*, 50-60.
- Iscen, S., Özenç, S., & Tavlasoglu, U. (2014). Association between left-handedness and cardiac autonomic function in healthy young men. *PACE*, *37*, 884-888.
- Klöppel, S., van Eimeren, T., Glauche, V., Vongersichten, A., Munchau, A., Frackowiak, R., ... Siebner, H. R. (2007). The effect of handedness on cortical motor activation during simple bilateral movements. *Neuroimage*, *34*, 274-280. doi: 10.1016j.neuroimage.2006.08.038.
- Knecht, S., Deppe, M., Dräger, B., Lohmann, H., Ringelstein, E. B., & Henningsen, H. (2000a). Language Lateralization in healthy right-handers. *Brain*, *123*, 74-81.
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., ... Henningsen, H. (2000b). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, *123*, 2512-2518.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. New York: Worth Publishers.

- Kravitz, D. J., Saleem, K. S., Baker, C. I., & Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *12*, 217-230.
- Kuhlemeier, K. V. (1991). Longevity and lefthandedness. *Am. J. Pub. Health*, *81*, 513.
- Kushner, H. I. (2013). Why are there (almost) no left-handers in China? *Endeavour*, *37*(2), 71-81.
- Lange, G., Waked, W., Kirshblum, S., & DeLuca, J. (2000). Organizational Strategy Influence on Visual Memory Performance After Stroke: Cortical/Subcortical and Left/Right Hemisphere Contrasts. *Arch Phys Med Rehabil*, *81*, 89-93.
- Lezak, M. D., Howiesona, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Luders, E., Cherbuin, N., Thompson, P. M., Gutman, B., Anstey, K. J., Sachdev, P., & Toga, A. W. (2010). When more is less: associations between corpus callosum size and handedness lateralization. *NeuroImage*, *52*, 43-49.
- Luck, S. J., & Hollingworth, A. (2008). *Visual memory*. New York: Oxford University Press.
- Makuuchi, M., Kaminaga, T., & Sugishita, M. (2003). Both parietal lobes are involved in drawing: a functional MRI study and implications for constructional apraxia. *Brain Research Cognitive Brain Research*, *16*, 338-347.
- Marasescu, R., Garcia, M. C., & Benito, Y. A. (2016). Afectación visuoespacial/visuoconstrucción en pacientes con esclerosis múltiple. Relación con el volumen lesional regional y la atrofia subcortical. *Neurología*, InPress.
- McManus, C. (1985). Right- and left-hand skill: Failure of the right shift model. *British Journal of Psychology*, *76*, 1-16.
- McManus, C. (1999). Handedness, cerebral lateralization, and the evolution of handedness. En Corballis, M. C. & Lea, S. E. G. (Eds.). *The descent of mind* (pp. 194-217). Oxford UK: Oxford University Press.
- McManus, C. (2002). *Right hand, left hand*. London, UK: Weidenfeld & Nicolson.
- McManus, I. C., & Bryden, M. P. (1992). The genetics of handedness, cerebral dominance and lateralization. En Rapin, I. & Segalowitz, S. J. (Eds.), *Handbook of neuropsychology. Developmental neuropsychology, part 1* (pp. 115-144). Amsterdam: Elsevier.
- McManus, I. C., Davison, A., & Armour, J. A. L. (2013). Multilocus genetic models of handedness closely resemble single-locus models in explaining family data and are compatible with genome-wide association rules. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1288*, 48-58. doi: 10.1111/nyas.12102.

- McManus, I.C., Shergill, S., & Bryden, M. P. (1993) Annet's theory that individuals heterozygous for the right shift gene are intellectually advantaged: Theoretical and empirical problems. *British Journal of Psychology*, *84*, 517-537.
- Medland, S. E., Duffy, D. L., Spurdle, A. B., Wright, M. J., Geffen, G. M., Montgomery, G. W., & Martin, N. G. (2005). Opposite effects of androgen receptor CAG repeat length on increased risk of left-handedness in males and females. *Behavior Genetics*, *35*, 735-744.
- Medland, S. E., Duffy, D. L., Wright, M. J., Geffen, G. M., Hay, D. A., Levy, F., ... Boomsma, D. I. (2009). Genetic influences on handedness: Data from 25,732 Australian and Dutch twin families. *Neuropsychologia*, *47*, 330-337. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.09.005.
- Mellet, E., Jobard, G., Zago, L., Crivello, F., Petit, L., Joliot, M., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2014). Relationships between hand laterality and verbal and spatial skills in 436 healthy adults balanced for handedness. *Laterality*, *19*(4), 383-404.
- Mervis, C. B., Robinson, B. F., & Pani, J. R. (1999). Visuospatial construction. *American Journal of Human Genetics*, *65*, 1222-1229.
- Nicholls, M. E. R., Johnston, D. W., & Shields, M. A. (2012). Adverse birth factors predict cognitive ability, but not hand preference. *Neuropsychology*, *26*(5), 578-587.
- Ng, C. R. A., & Leong, W. Y. (2014). An EEG-based approach for left-handedness detection. *Biomedical Signal Processing and Control*, *10*, 92-101.
- Nielsen, T., Abel, A., Lorrain, D., & Montplaisir, J. (1990). Interhemispheric EEG Coherence during Sleep and Wakefulness in Left- and Right-Handed Subjects. *Brain and Cognition*, *14*, 113-125.
- Ocklenburg, S., Beste, C., & Arning, L. (2014). Handedness genetics: considering the phenotype. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1-3. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01300.
- Ocklenburg, S., Beste, C., & Güntürkün, O. (2013). Handedness: A neurogenetic shift of perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *37*, 2788-2793.
- Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113.
- Ostrosky-Solis, F., Gómez-Pérez, M. E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2007). Neuropsi Attention and Memory: A neuropsychological test battery in spanish with norms by age and educational level. *App Neuropsychol*, *14*, 156-170.
- Pelati, O., Castiglioni, S., Isella, V., Zuffi, M., de Rino, F., Mossali, I., & Franceschi, M. (2011). When Rey-Osterrieth's Complex Figure Becomes a Church: Prevalence and Correlates of Graphic Confabulations in Dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord Extra*, *1*, 372-380.

- Peña-Casanova, J., Gramunt-Fombuna, N., Quiñones-Ubeda, S., Sanchez-Benavides, G., Aguilar, M., Badanes, D., ... Blesa, R. (2009). Spanish Multicenter Normative Studies (NEURONORMA Project): Norms for the Rey-Osterrieth Complex Figure (Copy and Memory), and Free and Cued Selective Reminding Test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *24*, 371-393.
- Perelle, I. B., & Ehrman, L. (1994). An international study of human handedness: the data. *Behav. Genet*, *24*, 217-227.
- Perelle, I. B., & Ehrman, L. (2005). On the other hand. *Behavior Genetics*, *35*(3), 343-349.
- Portellano, J.A. (2005). *Introducción a la Neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Portellano, J. A., Torrijos, S., Martínez-Arias, R., & Vale, P. (2006). Rendimiento cognitivo de diestros y zurdos en la escala de inteligencia de Wechsler para adultos (WAIS-III). *Revista de Neurología*, *42*(2), 73-76.
- Powell, J. L., Kemp, G. J., & García-Fiñana, M. (2012). Association between language and spatial laterality and cognitive ability: an fMRI study. *Neuroimage*, *59*, 1818-1829.
- Powell, J. L., Kemp, G. J., Roberts, N., & Garcia-Finana, M. (2012). Sulcal morphology and volume of Broca's area linked to handedness and sex. *Brain & Language*, *121*, 206-218. doi: 10.1016/j.bandl.2012.03.003.
- Rains, G. D. (2004). *Principios de neuropsicología humana*. México: McGraw-Hill.
- Ramadhani, M. K., Koomen, I., Grobbee, D. E., van Donselaar, C. A., van Furth, A. M., & Uiterwaal, C. S. P. M. (2006). Increased occurrence of left-handedness after severe childhood bacterial meningitis: Support for the pathological left-handedness hypothesis. *Neuropsychologia*, *44*, 2526-2532. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.026.
- Reio, T., Czarnolewski, M., & Eliot, J. (2004). Handedness and spatial ability: Differential patterns of relationships. *Laterality*, *9*(3), 339-358.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. (Les problems). *Archives de Psychologie*, *28*, 215-285.
- Rey, A. (2003). *Rey: Test de copia y de reproducción de memoria de figuras geométricas complejas*. Madrid: TEA Ediciones.
- Rivera, D., Perrin, P. B., Morlett-Paredes, A., Galarza-del-Angel, J., Martínez, C., Garza, M. T., ... Arango-Lasprilla, J. C. (2015). Rey-Osterrieth Complex Figure – copy and immediate recall: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation*, *37*, 677-698. doi: 10.3233/NRE-151285.

- Rizzolatti, G., & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions. *Experimental Brain Research*, 153, 146-157.
- Salvador, J., Cortés, J. F., & Galindo y Villa, G. (1996). Propiedades cualitativas en la ejecución de la Figura Compleja de Rey a lo largo del desarrollo en población abierta. *Salud Mental*, 19(4), 22-30.
- Shimamura, A. P., Salmon, D. P., Squire, L. R., & Butters, N. (1987). Memory dysfunction and word priming in dementia and amnesia. *Behavioral Neuroscience*, 101(3), 347-351.
- Starowicz-Flip, A., Chrobak, A. A., Milczarek, O., & Kwiatkowski, S. (2015). The visuospatial functions in children after cerebellar low-grade astrocytoma surgery: A contribution to the pediatric neuropsychology of the cerebellum. *Journal of Neuropsychology*, SN 1-21. doi: 10.1111/jnp.12093.
- Stiles J., Akshoomoff N., & Haist F. (2013) The Development of Visuospatial Processing. En Rubenstein, J. L. R. & Rakic, P. (Eds.) *Comprehensive Developmental Neuroscience: Neural Circuit Development and Function in the Brain, volume 3* (pp. 271-296). Amsterdam: Elsevier.
- Sullivan, E. V., Mathalon, D. H., Ha, C. N., Zipursky, R. B., & Pfefferbaum, A. (1992). The Contribution of Constructional Accuracy and Organizational Strategy to Nonverbal Recall in Schizophrenia and Chronic Alcoholism. *Biol Psychiatry*, 32, 312-333.
- Szaflarski, J. P., Binder, J. R., Possing, E. T., McKiernan, K. A., Ward, B. D., & Hammeke, T. A. (2002). Lenguaje lateralization in left-handed and ambidextrous people fMRI data. *Neurology*, 59, 238-244.
- Tulving, E. (2000). Concepts of memory. En Tulving, E., & Craik, F. I. M. (Eds.). *The Oxford handbook of memory* (pp.33-43). New York: Oxford University Press.
- Trojano, L., & Conson, M. (2008). Visuospatial and visuoconstructive déficits. En Goldenberg, G., & Miller, B. (Eds.). *Handbook of clinical neurology* (pp.373-392). Amsterdam: Elsevier Press.
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. En Ingle, D. J., Goodale, M. A., Mansfield, R. J. W. (Eds.). *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549-586). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Volberg, G., & Hüber, R. (2004). On the role of response conflicts and stimulus position for hemispheric differences in global/local processing: an ERP study. *Neuropsychologia*, 42, 1805-1813.

- Vuoksima, E., Eriksson, C. J. P., Pulkkinen, L., Rose, R. J., & Kaprio, J. (2010). Decreased prevalence of left-handedness among females with mal eco-twins: Evidence suggesting prenatal testosterone transfer in humans? *Psychoneuroendocrinology*, *35*, 1462-1472. doi: 10.1016/j.psyneuen.2010.04.013.
- Vuoksima, E., Koskenvuo, M., Rose, R., & Kaprio, J. (2009). Origins of handedness: A nationwide study of 30161 adults. *Neuropsychologia*, *47*, 1294-1301. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.007.
- Willems, R., Van der Haegen, L., Fisher, S., & Francks, C. (2014). On the other hand: including left-handers in cognitive neuroscience and neurogenetics. *Nature Reviews Neuroscience*, *15*, 193-201. doi: 10.1038/nrn3679.
- Witelson, S. F., & Nowakowski, R. S. (1991). Left out axons make men right: a hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry. *Neuropsychologia*, *29*, 327-333.
- Wolf, P. A., D'Agostino, R. B., & Coss, J. (1991). Letter to the Editor. *New Engl J Med*, *325*, 1042.
- Zola-Morgan, S., Squire, L. R., & Amaral, D. G. (1986). Human amnesia and the medial temporal region: enduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus. *J. Neurosci*, *6*(10), 2950-2967.
- Zverev, Y. P. (2006). Cultural and environmental pressure against left-hand preference in urban and semi-urban Malawi. *Brain and Cognition*, *60*(3), 295-303.