



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA



**RELACIÓN ENTRE LATERALIDAD Y DEPENDENCIA
DE CAMPO VISUAL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

PRESENTA

NORBERTO FRANCISCO HERNÁNDEZ LLANES

DIRECTORA DE TESIS

DRA. IRMA YOLANDA DEL RIO-PORTILLA

REVISORA

MTRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ

SINODALES

MTRA. VERÓNICA MARÍA DEL C. ALCALÁ HERRERA
DR. JOSE LUIS DÍAZ MEZA
LIC. OLGA ARACELI ROJAS RAMOS

MÉXICO D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la D. G. A.P. A. por la beca otorgada dentro del proyecto IN228409 titulado “Diferencias sexuales y de lateralidad cerebral en el funcionamiento visuoespacial”.

A mi directora de tesis, la Dra. Irma Yolanda Del Rio-Portilla su tiempo, consejos, por su amistad y por todo el apoyo que me brindó durante la realización del presente trabajo

A mi revisora de tesis, la Mtra. Itzel Graciela Galán López por su tiempo, sus comentarios, sus correcciones y consejos que hicieron posible este trabajo.

A mis sinodales, la Mtra. Veronica Maria del C. Alcalá Herrera, el Dr. José Luis Díaz Meza y la Lic. Olga Araceli Rojas Ramos, por tomarse el tiempo para revisar mi trabajo, por sus consejos y correcciones.

A la Lic. Laura Victoria Ortega Leonard y al Lic. Rodrigo Gómez Hurtado, por el apoyo que me prestaron durante la aplicación de las pruebas psicométricas.

A la M. en C. Luisa Roldán, por la asesoría prestada en los temas de Biología Molecular.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
ÍNDICE	2
1.- INTRODUCCIÓN	4
Asimetría cerebral y su relación con la lateralidad de funciones cerebrales.....	4
Desarrollo Asimétrico del Sistema Nervioso Central	6
Lateralidad y función cerebral.....	8
Lateralidad manual	14
La teoría del Desplazamiento Diestro (Right Shift Theory o RS) de Annet.....	18
Lateralidad y procesamiento visoespacial	22
Lateralidad y Dependencia-Independencia de Campo (DIC).....	30
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	34
3.- OBJETIVOS	35
4.- METODO	38
5.- RESULTADOS.....	46
I. Descripción de la población que participó en el presente estudio.....	46
II. Comparación entre la Prueba de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Lateralidad de Annett.	51
III. Correlación entre la Prueba de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Figuras Ocultas.	52

6.- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	55
Limitaciones del estudio.....	59
7.- REFERENCIAS.....	62
8.- ANEXOS	75
Anexo I. Cuestionario de Antecedentes Personales	75
Anexo II. Prueba de Lateralidad de Annett.	76
Anexo III. Cuestionario de lateralidad de Edinburgo.....	78

1.- INTRODUCCIÓN

Asimetría cerebral y su relación con la lateralidad de funciones cerebrales.

Una de las características más fascinantes del cerebro es la capacidad que tienen ambos hemisferios cerebrales de mantener funciones separadas (Kolb & Wishaw, 2003). Desde los estudios de Paul Broca sobre lateralidad del lenguaje en 1861 (Jay, 2002) y de Pierre Gratiolet sobre el desarrollo de la corteza cerebral en 1839 (Pearce, 2006) se conoce que determinadas zonas y estructuras del hemisferio izquierdo del cerebro están relacionadas con la producción e interpretación del lenguaje y la coordinación motriz, mientras que estructuras del hemisferio derecho controlan funciones relacionadas con el procesamiento no verbal, como las funciones viso-espaciales, el reconocimiento de rostros y la música.

Aunque el estudio moderno de la lateralidad se ha enfocado principalmente en el lenguaje (Álvarez-Linera et al., 2002), estudios antropológicos han demostrado que el cerebro de los Australopitecos tenía varias asimetrías comunes con nuestro cerebro actual, a pesar de que estos homínidos no tenían aparato fonador que les permitiera desarrollar un lenguaje como el nuestro (Kolb & Wishaw, 2003) y que algunos patrones de lateralidad en estos homínidos, observados a través del uso de herramientas, muestran una tendencia a la lateralidad diestra (Babcock, 2005).

Por un largo tiempo la lateralización cerebral se ha considerado una característica única de la especie humana, asociada principalmente al lenguaje y a la lateralidad manual, aunque en la actualidad se sabe que este fenómeno es más general y que en los animales existen diversos grados de lateralización de funciones cerebrales (Bisazza, Rogers, & Vallortigara, 1998). Vemos con esto que la lateralidad es un fenómeno conservado evolutivamente, que se podría relacionar con la especialización de funciones, ya que el aumento de la complejidad del sistema nervioso, y asociada a este aumento la especialización de las funciones cognitivas, estarían relacionados con la necesidad de lateralizar funciones.

El cerebro humano es una estructura que controla las conductas cognitivas complejas, como el pensamiento, el lenguaje, el movimiento, la sensación, la visión y otras funciones. La división del cerebro en regiones funcionales (ó regionalización) permite la especialización de estas regiones, así como la conexión entre estas regiones por fibras comisurales, gracias a las cuales ambos hemisferios cerebrales pueden compartir información, dan origen a las redes neurales que son capaces de procesar estímulos complejos y generar, a su vez, distintas clases de respuestas (Sun & Walsh, 2006). Esta mayor complejidad organizacional conlleva al desarrollo de una asimetría más elaborada de la región que se expresa tanto en el plano estructural como en el plano funcional (Good et al., 2001).

Desarrollo Asimétrico del Sistema Nervioso Central

En el ser humano el sistema nervioso se desarrolla a partir de la placa neural, una estructura engrosada derivada del ectodermo embrionario. A partir de la placa neural se desarrolla el tubo neural (que posteriormente dará origen al encéfalo y la médula espinal), mientras que la cresta neural dará origen a la mayor parte del sistema nervioso periférico y del sistema nervioso autónomo. La formación del tubo neural se inicia a principios de la 4ta. semana, entre el día 22 a 23 después de gestación, con la formación y fusión de los pliegues neurales, los cuales forman el conducto neural. En el conducto neural se identifican 2 estructuras: el neuroporo rostral y el neuroporo caudal. El cerebro se desarrolla a partir del cierre del neuroporo rostral, donde se forman las vesículas cerebrales que dan lugar a las diferentes estructuras del SNC (Moore & Persaud, 2007):

Vesículas primarias:	Vesículas secundarias:
Cerebro Anterior o Prosencéfalo:	Telencéfalo → Hemisferios cerebrales
	Diencéfalo → Tálamo
Cerebro Medio	Mesencéfalo → Mesencéfalo
Cerebro Posterior ó Rombencéfalo.	Metencéfalo → Protuberancia y cerebelo
	Mielencéfalo → Bulbo Raquideo

Es el telencéfalo la estructura que dará origen a los hemisferios cerebrales. Dicha estructura se forma a partir de las vesículas telencefálicas, cuyas cavidades a su vez dan origen a los ventrículos laterales y el engrosamiento de sus paredes dan origen a los hemisferios cerebrales (*op cit*).

Este engrosamiento de las paredes del telencéfalo se debe a la proliferación de células neuroepiteliales, las cuales dan origen a las células del sistema nervioso (neurona, glía, etc.). Estas células neuroepiteliales secretan moléculas denominadas morfógenos, los cuales son sustancias que intervienen en la formación de órganos y estructuras, como Sonic Hedgehog (SSH), que inducen y mantienen las propiedades ventrales de la médula espinal (Sun & Walsh, 2006). También se ha descrito que la proteína Nodal, de la familia del factor de crecimiento transformante (TGF β) y que se expresa en el lado izquierdo del diencefalo y la habénula participa en la diferenciación del eje lateral del cerebro. (Roussigne, Bianco, Wilson, & Blader, 2009). Otras vías de señalización que están involucradas en el desarrollo del eje lateral en el sistema nervioso son la Wnt/ β -catenina, (Carl et al., 2007), la protocadherina 11X/Y (Crow, 2002) y la proteína LRRTM1 (Francks et al., 2007).

Es también durante este periodo que se forman las comisuras cerebrales, las cuales son haces de fibras que conectan partes distales del cerebro, como pueden ser la comisura anterior que conecta a los lóbulos olfatorios de cada hemisferio, la comisura del hipocampo, la cual conecta a las formaciones del hipocampo y el cuerpo calloso que conecta áreas neocorticales (Moore & Persaud, 2007).

Además, se conoce que las proteínas involucradas en el desarrollo del sistema nervioso central juegan un papel en el desarrollo de las funciones cognitivas lateralizadas. Por ejemplo, la familia de factores de transcripción FOXP, cuya mutación se ha relacionado en diversos estudios con la aparición de desórdenes de lenguaje (Spiteri et al., 2007), tiene como objetivo de transcripción el gen CNTNAP2, que codifica para la neurexina (Vernes et al., 2008), que es un molécula de adhesión presináptica necesaria para la formación y la organización de la sinapsis (Chen, Venugopal, Murray, & Rudenko, 2011).

Lateralidad y función cerebral

La lateralización de funciones en el cerebro se refiere a la localización en regiones corticales a las funciones cognitivas, motoras y perceptuales en el hemisferio cerebral derecho o izquierdo. Aunque se reconoce que ambos hemisferios están involucrados en la conducta global, existe un grado de especialización hemisférica, que depende de factores genéticos y ambientales, y que determina que un hemisferio tenga mayor especialización sobre una función con respecto al hemisferio opuesto (Hopkins, 2007). El hecho de que las asimetrías hemisféricas existan en varios niveles (celular, de organización de columnas, etc.) sugiere que la distribución interhemisférica de funciones neuropsicológicas no es aleatoria (McGilchrist, 2010). Estas asimetrías estructurales se describen en la Tabla 1:

Tabla 1. Asimetrías descritas en diferentes estructuras cerebrales.

Asimetrías que favorecen el hemisferio izquierdo	Asimetrías que favorecen el hemisferio derecho
Peso específico aumentado.	Masa aumentada.
Fisura de Silvio agrandada.	Longitud interna del cráneo.
Ínsula agrandada.	Agrandamiento del Giro de Heschl.
Giro Cingulado agrandado.	Alargamiento del Núcleo Geniculado Medial.
Incremento relativo de la materia gris.	Alargamiento del área de conectividad del opérculo frontal.
Plano Temporal más largo.	Lóbulo Frontal más amplio.
Núcleo Lateral Posterior alargado.	
Lóbulo Parietal Inferior alargado.	
Agrandamiento del área temporoparietal.	
Lóbulo Occipital ensanchado.	
Estiramiento del Cuerno Occipital de los Ventriculos Laterales.	
Agrandamiento del área total del Opérculo Frontal.	

Modificada de (Kolb & Wishaw, 2003)

Estos cambios están relacionados con la capacidad de cada hemisferio de procesar información de una modalidad específica. Se ha descrito ampliamente la asociación

del hemisferio izquierdo con patrones de pensamiento lógicos, acercamientos analíticos a la resolución de problemas, que están relacionados con el procesamiento en los lóbulos frontales y la fluidez verbal y la articulación de ideas, que se relacionan a la presencia de las áreas de Broca y de Wernicke en el lóbulo parietal. Como podemos observar en la Tabla 1, estas áreas se encuentran más desarrolladas con respecto al hemisferio derecho (Greenstein & Greenstein, 2000).

Por otro lado se describe la función del hemisferio derecho relacionada al procesamiento de información visual y la música, modalidades de información que se procesan en el área temporo-parietal y que dependen de un incremento en la conectividad cerebral, lo que podría explicar la masa aumentada del hemisferio derecho (Op Cit).

Estos cambios en la anatomía cerebral pueden ser explicados por un procesos extrínseco que ocurre durante el desarrollo (Stephan, Fink, & Marshall, 2007), lo cual implica que los cambios anatómicos son plásticos y por consecuencia, de la información obtenida por las conexiones entrantes (ó *inputs*) tálamo-corticales. En este sentido se ha demostrado que la reconexión quirúrgica de la vía visual a la corteza auditiva en ratones, induce un cambio a nivel estructural en la corteza auditiva dotando a esta de una citología columnar muy semejante a la citología de la corteza visual y, produciendo al mismo tiempo, cambios funcionales en la misma zona, como es el caso de las células de la corteza auditiva que disparan en respuesta a estímulos visuales (Sur & Leamy, 2001).

Esta mayor asimetría modifica a su vez las conexiones aferentes y eferentes que llegan a una región y esto conlleva a una reorganización de la función, que explica las diferencias en las funciones lateralizadas. Estos cambios pueden explicar por dos mecanismos moduladores de la función cerebral (Tang & Verstynen, 2002):

- **Mecanismo de Activación Asimétrica Directa:** La activación asimétrica directa se da cuando se limita el uso de una extremidad en etapas tempranas (críticas) por algún factor de la vida uterina o también cuando existen daños en el sistema sensoriomotor en un hemisferio. Estos pueden cambiar directamente la simetría, por mecanismos plásticos en el sistema sensoriomotor, y esto repercute directamente en la lateralidad de la función.
- **Mecanismo de Modulación Asimétrica:** Las influencias ambientales pueden modificar la simetría en una función a través de un mecanismo neuromodulador, el cual no ejerce un control específico en la lateralidad, como en el caso anterior, pero que interfiere y modifica la simetría del sistema de lateralidad específica. En este mecanismo intervienen circuitos inhibitorios mediados por GABA u otros neurotransmisores que pueden disminuir la función en la región contralateral del cerebro (Toga & Thompson, 2003). A este respecto se sabe que el cuerpo calloso participa en la lateralización del lenguaje, ya que una mayor lateralización izquierda de las áreas de lenguaje correlacionen con un aumento en la cantidad de fibras en esta estructura, y este fenómeno podría ser modulado por fibras GABAérgicas (inhibitorias) que

disminuyen la actividad del hemisferio derecho (Josse, Seghier, Kherif, & Price, 2008).

Las diferencias en el rendimiento de las funciones lateralizadas se pueden interpretar en dos formas con respecto a la naturaleza de la asimetría funcional que subyace al cerebro. Una interpretación absoluta mantiene que existe evidencia de una ventaja absoluta de un hemisferio sobre el otro, ya que éste se especializa en el desarrollo de la tarea. Por otro lado, la interpretación relativa mantiene que ambos hemisferios pueden manejar la tarea, pero cada uno de ellos es más eficiente y/o rápido que el otro debido a la especialización hemisférica (Bruyer & Caruso, 1988).

La interacción entre ambos hemisferios tradicionalmente se ha explicado bajo el modelo de complementariedad causal, la cual propone que las funciones del hemisferio derecho son logradas por default, como una consecuencia secundaria del desarrollo del lenguaje en el hemisferio izquierdo, y así una mayor especialización del hemisferio izquierdo en lenguaje llevará a una mayor especialización del hemisferio derecho en funciones no verbales.

La alternativa al modelo de complementariedad casual es que el predominio del hemisferio izquierdo es adquirido por una poda del hemisferio derecho. Esta poda disminuye la capacidad del hemisferio derecho en el procesamiento de información, tanto verbal como no verbal, y el hemisferio izquierdo adquiere la dominancia en funciones verbales. Sin embargo, estudios empíricos sugieren que la dominancia de los hemisferios derecho e izquierdo es independiente y que la especialización

complementaria es una norma estadística en vez de mostrarnos una relación causal (Aleman, Badzakova-Trajkov, Häberling, Roberts, & Corballis, 2010).

Sin embargo, en estudios neuropsicológicos recientemente (Bala, Golubovic, & R., 2010) se ha demostrado que ambos hemisferios funcionan juntos, ya que ambos poseen diferentes formas de procesamiento de información. A este modelo se le conoce como patrón de mosaico de las funciones dominantes de los hemisferios cerebrales, y según este modelo algunas funciones se organizan preferencialmente con dominancia cerebral derecha, mientras que otras tienen una organización cerebral izquierda. En este modelo se descarta la dominancia exclusiva de ambos hemisferios.

Con estos modelos de asimetría funcional se trata de entender porque las funciones cognitivas se encuentran lateralizadas en el cerebro humano. Esto ha permitido obtener correlatos anatómicos-funcionales del lenguaje, la visión y la audición, el control del movimiento, etc. Sin embargo, hasta el momento no existe una explicación al fenómeno de lateralidad manual, la cual es la preferencia por el uso de una extremidad (mano derecha o izquierda) para la realización de las tareas de la vida cotidiana.

Lateralidad manual

El estudio de la lateralidad manual, como una medida de la lateralidad de funciones cognitivas, emerge desde los inventarios de lateralidad, hasta complejas conceptualizaciones que relacionan aspectos antropológicos, culturales, genéticos y neurológicos (Hartlage & Gage, 1997). La lateralidad manual (que de aquí en adelante la llamaremos indistintamente lateralidad) es el uso de una extremidad para la realización de las tareas cotidianas. Este fenómeno se ha observado desde las etapas embrionarias y fetales, en la forma de succión del pulgar o de reflejo de prensión. Estas conductas se observan mucho antes que las habilidades de lenguaje se desarrollen y que esta preferencia observada *in utero*, se mantienen durante la niñez y adolescencia de los sujetos (Tan & Tan, 2001). Otras evidencias sugieren que la lateralidad se relaciona con la maduración del sistema de control motor frontal, fenómeno que ocurre a los 11 meses de edad (Stroganova, Posikera, Pushina, & Orekhova, 2003).

Estas observaciones sugieren que las asimetrías anatómicas y funcionales en el cerebro humano preceden al procesamiento de información proveniente del medio ambiente, lo cual implica que la lateralidad manual es un fenómeno inherente a la asimetría funcional del cerebro y que su expresión depende de la maduración funcional del sistema nervioso.

En cuestión de prevalencia de lateralidad manual, se ha reportado en estudios de meta-análisis que la incidencia de lateralidad zurda (sujetos que usan preferentemente la mano izquierda) en diferentes estudios realizados en África, Gran Bretaña, E. U. A. y Japón va del 0.4% al 11.8% (Salmaso & Longoni, 1985), otro meta-analisis describe incidencias en lateralidad zurda desde un 2% a un 29.3% (Hardyck & Petrinovich, 1977) y otra revisión, en cohortes de gemelos y sus familias en Australia y Holanda, reportan incidencias de lateralidad zurda de entre 0% y hasta un 20% de la población estudiada (Medland et al., 2009). En México se ha visto que la incidencia de lateralidad zurda en una muestra de 1114 estudiantes universitarios es de alrededor del 6.5% (Cuencas, Von Seggern, Toledo, & Harrell, 1990).

Estas diferencias observadas pueden ser explicadas también por la influencia del medio ambiente en la lateralidad manual. En un estudio con sujetos zurdos que fueron forzados a usar la mano derecha (convertidos), se demostró mediante técnicas de imagen de la actividad de la corteza sensorio-motoria primaria y la corteza premotora caudo-dorsal, que el grupo de sujetos convertidos eran más activos en estas zonas que los zurdos y diestros consistentes (Klöppel et al., 2010), observación que sugiere la existencia de controles extrínsecos que regulan la asimetría cerebral en etapas tempranas.

La expresión de lateralidad manual también se conserva filogenéticamente, ya que se han reportado conductas lateralizadas en chimpancés (Annett, 2006) y orangutanes (O'Malley & McGrew, 2006) y se observó también en otra especie de primate no humano (*Saguinus Oedipus* ó mono tamarindo) que existe una

preferencia para lateralidad derecha en tareas del tipo manipulativo, sobre todo cuando se realizan en una postura vertical (Diamond & McGrew, 1994).

Para explicar la variabilidad inherente al fenómeno de lateralidad se han propuesto diferentes teorías. Estas se pueden dividir en 4 grandes grupos, siendo de entre todas, las teorías genéticas las más aceptadas (Kolb & Wishaw, 2003) :

- Teorías Psicosociales.- Establece que la lateralidad es aprendida o reforzada socialmente. Esto se debe a que la inclinación de usar una extremidad más que la otra tiene un fundamento cultural. Por ejemplo, los estudios que se basan en la escritura manual para determinar la lateralidad son dudosos, ya que la escritura manual es una conducta aprendida y, en consecuencia, la lateralidad manual puede ser influida culturalmente (Klar, 2003). También Huheey (Huheey, 1977) propone que el lado en el que una madre carga a su hijo podría influir en la lateralidad de la cría, pero este fenómeno no se ha comprobado.
- Teoría Anatómica. Establece que la lateralidad descansa en cambios en las diferencias estructurales del sistema nervioso central. A pesar que en la literatura hay estudios que hacen referencia a cambios en la asimetría cerebral, el efecto que estos cambios anatómicos tienen en la lateralidad no han sido concluyentes y el efecto que se ha reportado es nulo o poco significativo (Good, et al., 2001).

- Teoría Hormonal. Establece que la plasticidad cerebral puede modificar la asimetría de forma significativa durante el desarrollo embrionario temprano, llevando a patrones anómalos de organización hemisférica (Kolb & Wishaw, 2003). Un factor central de esta teoría es el papel de las hormonas sexuales como la testosterona (Tan & Tan, 2001), durante la maduración del sistema nervioso central, ya que diversos estudios han descrito diferencias género-específicas tanto anatómicas como funcionales (Kimura, 2002). Por otro lado, se ha visto que los estrógenos (Eberling, 2004) y la serotonina (Fukumoto, Kema, & Levin, 2005) participan en el desarrollo de la asimetría cerebral y muy probablemente podrían estar modulando la lateralidad. La testosterona se encuentra en mayor concentración en individuos zurdos, lo que implica que también juega un papel en el desarrollo de la lateralidad (Sperling et al., 2010).
- Teoría Genética. Establece que la lateralidad es heredada con base en un patrón mendeliano y que existe un gen (o grupo de genes) en los que descansa este fenotipo. Aunque estos modelos reflejan un mecanismo de asimetría cerebral y lateralidad, y los datos observados en las poblaciones se ajustan a los modelos genéticos, hasta ahora no se ha podido encontrar el gen responsable del fenómeno de lateralidad (Sun & Walsh, 2006).

La teoría del Desplazamiento Diestro (Right Shift Theory o RS) de Annett

Uno de las teorías genéticas más aceptadas es la teoría del Desplazamiento Diestro, propuesto por primera vez en 1964 (Annett, 1964), y desde entonces las evidencias que soportan esta teoría han ido en aumento (Annett, 2009a). Esta teoría (Teoría RS+) distingue entre la forma de la distribución de la lateralidad (una curva normal) y la localización de la distribución (el desplazamiento a la derecha). Estas frecuencias no se derivan de datos de familias, sino en muestras poblacionales y en sujetos disfásicos tomados de la población general (Annett, 2009b).

El modelo de Annett propone que la lateralidad se da en cinco niveles:

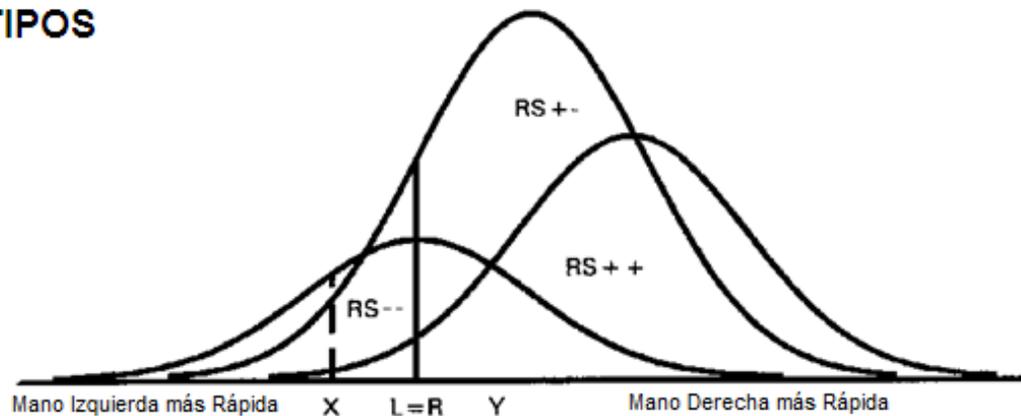
El primer nivel representa al azar, como agente universal de asimetría, gracias al cual existe un 50% de probabilidad de desarrollar lateralidad zurda o diestra. En este nivel, las instrucciones del desarrollo hemisférico son idénticas para ambos lados pero la eficiencia entre los dos lados varía de acuerdo a eventos aleatorios relacionados con los músculos, nervios, irrigación sanguínea y otras características de funcionamiento orgánico.

El segundo nivel de la teoría es un gen RS+, el cual ocasionaría un desplazamiento de la probabilidad de presentar lateralidad diestra hacia la derecha de la distribución, sin modificar la forma de campana de la misma distribución. El efecto de este gen sobre la asimetría cerebral y manual sería aditiva, por lo que la falta de este gen (un

alelo RS-/-) no tendría el efecto lateralizador, y la lateralidad del sujeto estaría definida solo por el azar.

El tercer nivel del modelo sería la distribución de los 3 genotipos (RS-/-, RS+/- y RS+/+) con la media en cero, una y dos desviaciones estándar, o 0z, 1z y 2z, respectivamente (Véase la Figura 1).

GENOTIPOS



DESPLAZAMIENTO

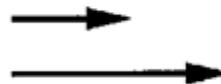


Figura 1. Modelo de desplazamiento diestro de Annett y las distribuciones poblacionales esperadas del gen RS. Se observa que la distribución de probabilidad se corre a la derecha en presencia de 1 o 2 alelos del gen RS, lo que nos habla de una población con mayor probabilidad de ser diestra.

En la Figura 1 la X representa el punto de corte o umbral para la escritura con la mano izquierda (lateralidad zurda), cuyo valor es de alrededor del 12.5% de la población. Observamos también que la mayoría de las observaciones se encuentran a la derecha de X, pero también podemos observar que sujetos portadores del alelo

RS+ pueden caer a la izquierda, es decir mostrar un fenotipo zurdo, lo que lleva a proponer que el gen no determina directamente la lateralidad diestra, sino que sólo incrementa la probabilidad de dominancia del lado derecho.

El cuarto nivel representa la extensión del corrimiento, o el efecto del gen para desplazar la curva a la derecha. Se ha estimado un efecto de ± 1.0 desviación estándar por cada alelo presente para el caso de los hombres y de ± 1.2 desviación estándar por cada alelo presente para el caso de las mujeres (Annett, 2003).

Esto nos indica que en ausencia del gen RS (genotipo RS^{-/-}) la probabilidad de un sujeto de tener lateralidad zurda es del 50%, la presencia de un solo alelo (genotipo RS^{+/-}) le da al sujeto un 68% de probabilidad de tener lateralidad zurda, y con la presencia de ambos alelos (genotipo RS^{+/+}) la probabilidad de tener lateralidad zurda aumenta a un 95% ya que la distribución de la curva es del tipo Gaussiano (Annett, 2004).

El quinto nivel representa los puntos de corte o umbrales sobre la línea basal de asimetrías entre la lateralidad de ambas manos, que están asociadas con la expresión diferencial de preferencia manual. En el extremo izquierdo tenemos a personas que ejecutan todas las acciones con la mano izquierda (zurdos consistentes), moviéndonos hacia la derecha veríamos a personas que escriben con la mano izquierda pero ejecutan otras acciones con la mano derecha (como cortar), después tenemos a personas que escriben con la derecha pero ejecutan algunas actividades con la mano izquierda (no diestros) y en el extremo derecho

encontraríamos a los sujetos que desarrollan todas sus actividades con la mano derecha (diestros consistentes). Esta clasificación la podemos observar en la Figura 2. La frecuencia con la que se observan estos niveles de preferencia manual son 3%-4% para el primer grupo, 9%-10% para el segundo grupo y 35%-40% para el tercer grupo.

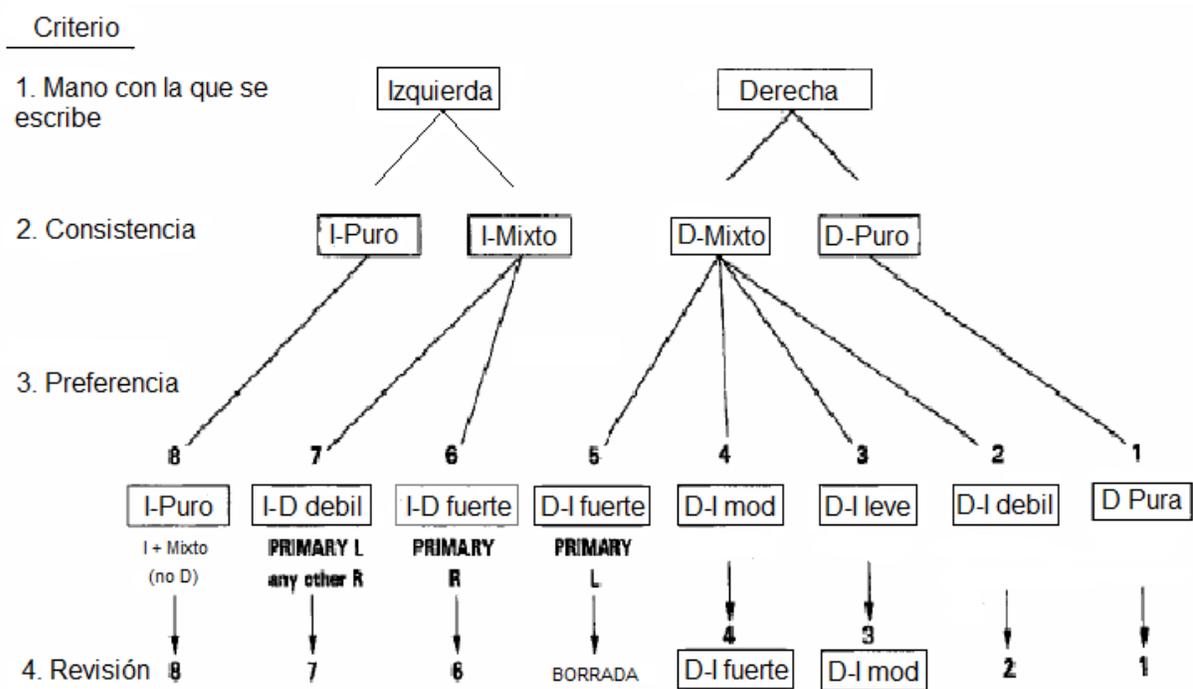


Figura 2. Clasificación del grado de lateralidad según Annett. El primer criterio está dado por la mano con la que escribe (mano dominante). De ahí se subdivide en Puro (que solo utiliza la mano dominante) o Mixto (que utiliza ambas manos). El grado de lateralidad (fuerte, moderado y débil) se determina en base al uso de la mano no dominante en actividades primarias (como lanzar, encender un cerillo, martillar o cepillar los dientes) o secundarias (barajar cartas ensartar una aguja, barrer, usar una pala). En la última revisión se eliminó la categoría 5, quedando las categorías 1 a 4 para individuos diestros (diestro exclusivo, diestro/zurdo débil, diestro/zurdo moderado, diestro/zurdo fuerte) y 6 a 8 para individuos zurdos (zurdo/diestro fuerte, zurdo/diestro débil, zurdo exclusivo).

Lateralidad y procesamiento visoespacial

Como ya hemos mencionado, en la visión clásica el hemisferio izquierdo es dominante para el lenguaje y la función motora, y el hemisferio derecho para las habilidades visoespaciales, pero existen excepciones, sobre todo en individuos zurdos y ambidiestros, y se ha descrito que los procesos plásticos pueden inducir la expresión de patrones atípicos de lateralidad (Goetschmann & Croquelois, 2010).

Por otro lado, si consideramos la lateralidad de funciones cognitivas como procesos cognitivos complejos, que involucran el procesamiento de distintas modalidades de información, vemos que la lateralización de las funciones depende de la modalidad funcional que se está evaluando. Por ejemplo se ha visto que la categoría léxica a la que un color pertenece puede influenciar la discriminación perceptual del color de forma lateralizada al hemisferio izquierdo (Zhou et al., 2010).

Esto supone que la lateralidad de una función cognitiva está relacionada con la complejidad del estímulo procesado. A este respecto, (Barroso & Nieto, 2001) comentan que “[...] es preciso recordar que, en un cerebro intacto, los dos hemisferios cerebrales no son entidades aisladas. Al contrario, ante una tarea determinada ambos hemisferios interaccionan en mayor o menor medida para dar respuesta a la demanda planteada” (pp. 383).

El estudio de la anatomía visual del sistema nervioso nos permite dar cuenta de este hecho: los fotorreceptores reciben información visual y la convierten en impulsos eléctricos que viajan a través de la retina, cuyos axones forman el nervio óptico. Funcionalmente, la proyección del campo visual sobre la retina está organizada de tal forma que el campo visual derecho (CVD) se proyecta en la mitad izquierda de cada retina y el campo visual izquierdo (CVI) lo hace en la mitad derecha de la retina de cada ojo.

En la decusación del quiasma óptico la información visual se reorganiza: la información proveniente de la hemirretina nasal se transmite al hemisferio contralateral mientras que la información que proviene de la hemirretina temporal se transmite de forma ipsilateral. Posteriormente la información visual hace relevo en el cuerpo geniculado lateral del tálamo, donde las proyecciones retinotópicas se dividen en capas y viajan por las radiaciones ópticas a la corteza visual primaria V1, que se encuentra en el lóbulo occipital. Las radiaciones ópticas son largas haces de fibras que se dividen en tres ramas: el haz ventral anterior (también llamada el bucle de Meyer) que corre anteriormente sobre la punta del cuerno inferior, pasa posteriormente por la pared del ventrículo lateral y converge en el labio inferior de la cisura calcarina; el haz central que deja el núcleo geniculado anterior en una dirección lateral y luego sigue por la parte posterior de la pared lateral del ventrículo para radiar en la corteza visual, y el haz dorsal que se mueve directo en una dirección posterior para alcanzar la parte superior de la corteza visual primaria (Hofer, 2010).

Ya en la corteza visual, la representación visual se organiza en un mapa topográfico columnar con representación de ambos ojos y en la cual cada columna presenta las características visuales como la orientación, la frecuencia espacial y el color (Muckli, Naumer, & Singer, 2009). Esta representación también conlleva a que cada corteza visual reciba información sensorial del campo visual contralateral y que la comunicación entre los hemisferios sea posterior y esté determinada por las fibras que conectan al cuerpo calloso, como se observa en la Figura 3 (Guyton & Hall, 2006).

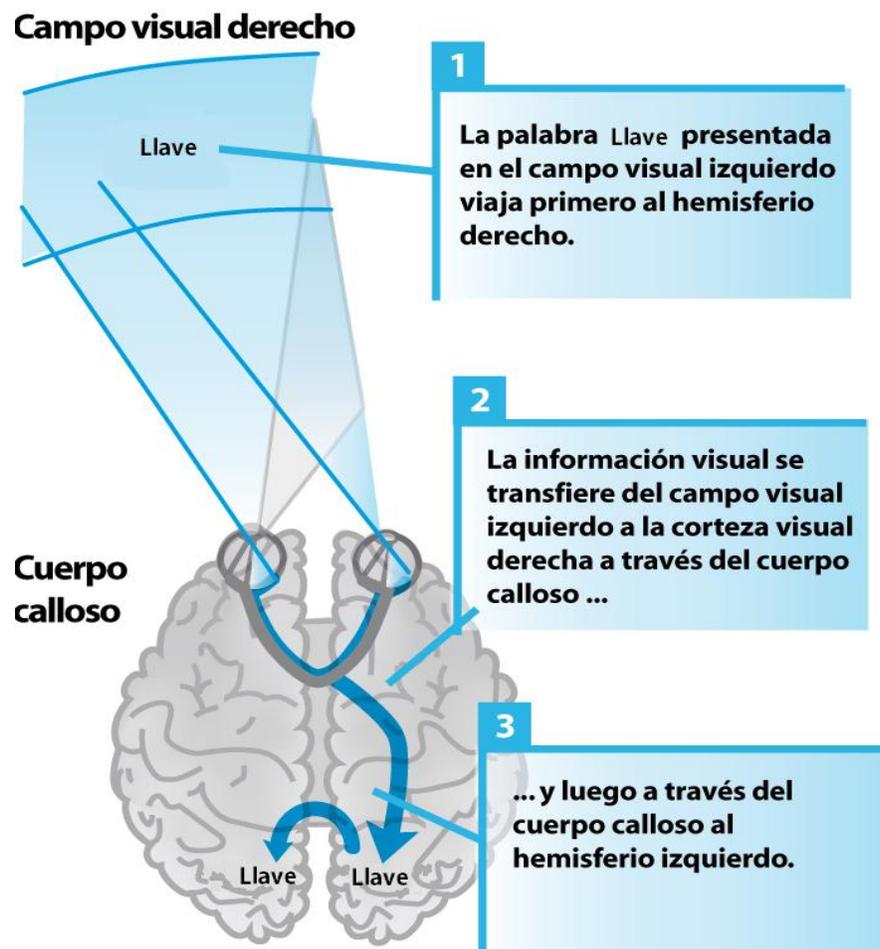


Figura 3. El procesamiento visoespacial es dependiente de la lateralidad visual. Modificado de (Kolb & Wishaw, 2003).

Los estímulos visuales se procesan en dos rutas diferentes del cerebro: la ruta dorsal occipitotemporal y la ruta ventral occipitoparietal (Milner, Karnath, & Desmurget, 2003). La diferencia funcional entre ambas se puede definir en términos de la dicotomía “qué/dónde”. La ruta ventral, que procesa el “qué”, es crítica para el reconocimiento de objetos y la identificación de estímulos. Con respecto a parámetros como color y forma. Por otro lado, la ruta dorsal, que procesa el “dónde”, provee al organismo de información sobre la localización espacial del estímulo (Geske & Bellur, 2008). Una posible consecuencia de la distinción entre ambas vías es que permiten extraer diferente información sobre la forma y color, o el “qué”, al mismo tiempo que de la posición del estímulo, o el “dónde” (Lehky & Sereno, 2007).

Con esto nos damos cuenta de que en la cognición espacial intervienen muchas variables, tanto biológicas como psicosociales, que debemos considerar cuando estudiamos la cognición espacial.

Un modelo que integra estos factores (Casey, 1996) propone que la interacción de 3 factores (sexo, lateralidad y herencia) explica cómo el aprendizaje permite mejorar la cognición espacial (Halpern, 1996). Este modelo se basa en el concepto del factor de desplazamiento derecho (RS) propuesto por Annet, pero extiende el concepto de cognición espacial, al agregar interacciones entre las experiencias de vida y de las propensiones biológicas mediadas por la herencia (Casey, Nuttall, & Pezaris, 1999).

En el modelo de Casey la experiencia de vida se refiere a los estudios profesionales y la participación en programas académicos (como matemáticas y ciencias), mientras que la herencia se infiere a través de la presencia o ausencia de un familiar directo con lateralidad zurda (factor RS). Así, tenemos que un individuo diestro con un familiar zurdo (a este rasgo se le denomina familiaridad zurda) ó FS+ es heterocigoto en el desplazamiento a la derecha y tiene mayor probabilidad de desarrollar una organización bilateral de funciones cerebrales. Por otro lado un individuo diestro sin antecedentes de familiares zurdos (RS-), este individuo será probablemente homocigoto y tendrá más lateralizadas sus funciones cognitivas.

Por último, el factor biológico que está relacionado con la asimetría cerebral y las diferencias sexuales que emergen de la masculinización-feminización del cerebro en periodos críticos del desarrollo, que inciden tanto en la cognición espacial como en la lateralidad. Bajo esta perspectiva, el modelo de Casey afirma que existe una “ventaja heterocigota” del gen RS en beneficio de las actividades espaciales con respecto al gen de lateralidad (*op cit*).

En el procesamiento visual de la información debemos poner en funcionamiento extensas redes neuronales que permiten la comunicación entre la corteza visual y las cortezas asociativas parietal y temporal (que permiten integrar la información visual para darle significado) y prefrontal, la cual permite que el individuo organice y planee las acciones futuras (Giménez-Amaya, 2000).

Las habilidades espaciales que en conjunto se conocen también como cognición espacial, son definidas como las habilidades requeridas para generar, retener, recuperar y transformar las imágenes visuales bien estructuradas. Cada una de estas habilidades enfatiza diferentes aspectos del proceso de generación, almacenamiento, recuperación y transformación de las imágenes visuales (Lohman, 1993). Las habilidades espaciales se definen en detalle en la Tabla 2. Se ha reportado que las funciones visuales relacionadas con la visualización espacial son funciones lateralizadas que también dependen del género y de la etnicidad (Sanders, Wilson, & Vandenberg, 1982).

Vemos en esta tabla que el constructo “Flexibilidad de cierre”, el cual consiste en la capacidad de “hallar, reconocer e identificar un patrón visual conocido con anterioridad, cuando se encuentra oculto o indistinguible de alguna forma” (Lohman, 1993) se evalúa con pruebas de figuras ocultas.

Las pruebas de figuras ocultas, como la Prueba de Figuras Ocultas de Gottschaldt (Gottschaldt, 1926), la prueba de Figuras Ocultas de Witkin (Witkin, Goodenough, & Oltman, 1979) y la Prueba de Figuras Superpuestas de Poppelreuter-Ghent's (Sala, Laiacona, Trivelli, & Spinnler, 1995) también se relacionan con el constructo dependencia-independencia de campo (DIC).

Tabla 2. Habilidades espaciales propuestas por Lohman (1993).

Factor	Definición	Ejemplo de Prueba
Visualización	Habilidad en manipular patrones visuales, indicado por los niveles de complejidad y dificultad en los estímulos visuales que pueden manejar exitosamente, sin considerar la velocidad	Doblado de papel
Velocidad de Rotación	Velocidad en manipular patrones visuales relativamente simples, por cualquier medio. (rotación, transformación y otros)	Cartas
Velocidad de Cierre	Velocidad en hallar, reconocer e identificar un patrón visual desconocido, cuando se encuentra oculto o indistinguible de alguna forma.	Calle Gestalt
Flexibilidad de Cierre	Velocidad en hallar, reconocer e identificar un patrón visual conocido con anterioridad, cuando se encuentra oculto o indistinguible de alguna forma.	Figuras Ocultas
Velocidad Perceptual	Velocidad en encontrar un patrón visual conocido, o la comparación precisa de uno o varios patrones en un campo visual cuando no se encuentran ocultos ni indistinguibles de ninguna forma	Figuras Idénticas

La DIC es la aptitud para mantener una percepción o configuración visual en la mente con la finalidad de distinguirla de otras percepciones bien definidas (Arrieta, 2006). Witkin y Ash definieron a la DIC como el grado de habilidad para separar un estímulo diana de pistas salientes e irrelevantes en una tarea de fondo-figura (Witkin & Ash, 1948). La DIC entonces será el grado en que las funciones individuales son independientes (autónomas) de marcos externos de referencia en la percepción y procesamiento de estímulos ambientales. Para McCranie y cols. los individuos que tienden a utilizar marcos de referencia internos son independientes de campo, mientras que aquellos que son influidos principalmente por los marcos de referencia externos son catalogados como dependientes de campo (McCranie, Simpson, & Stevens, 1981).

La DIC como función visual parece tener un valor adaptativo en ambientes educativos, ya que se ha visto que los sujetos independientes de campo tiende a tener un mejor logro académico comparados con sujetos dependientes de campo, considerando tanto las materias específicas como el rendimiento global (Tinajero & Páramo, 1998). Sin embargo, otro estudio realizado en una muestra universitaria, considera que la DIC es solamente una habilidad perceptual que no está relacionada con el logro académico, excepto en la geometría (Zhang, 2004).

Es en el campo de la psicología educativa donde la DIC ha tenido un mayor desarrollo. El constructo DIC describe un estilo intelectual (también llamado estilo cognitivo) que se basa en hallazgos empíricos de que la DIC juega un papel muy importante en las actividades académicas en varias áreas de especialidad (Zhang,

2004). La dependencia de campo visual se ha vinculado con un procesamiento cognitivo global, el cual implica asimismo un menor grado de lateralidad, mientras que la independencia de campo visual se relaciona a un procesamiento cognitivo analítico y por tanto, tiene un grado mayor de lateralización de funciones (Hudson, Li, & Matin, 2006). Se ha visto, por ejemplo, que los procesadores analíticos (o procesadores independientes de campo) rinden más en tareas de procesamiento cognitivo que manipulan el color y la letra (como en la Prueba de Stroop y la Prueba de Ordenamiento de Cartas de Wisconsin) cuando son comparados con los procesadores globales o procesadores dependientes de campo (Davis, 1973).

En otros estudios donde se evalúa la DIC se ha descrito que existe relación entre la personalidad tipo A y la dependencia de campo, ya que la dependencia de campo se asocia con un modo perceptual hipervigilante, derivado de la dificultad del sujeto en medir los mundos externos e internos de forma adecuada y precisa, resultando en una incertidumbre constante (McCranie, et al., 1981).

Lateralidad y Dependencia-Independencia de Campo (DIC)

Al revisar la literatura encontramos que aunque se han hecho esfuerzos por estudiar la relación entre lateralidad y DIC, hasta la fecha no existen resultados concluyentes. Newland (Newland, 1984) encontró que los zurdos ($\bar{x} = 10.47 \pm 5.4$) son más independientes de campo en relación con los diestros ($\bar{x} = 7.14 \pm 4.1$). Estas observaciones son contrarias a las realizadas por el grupo de Silverman en los

cuales los participantes zurdos mostraron ser más dependientes de campo con respecto a los participantes diestros (Culver, Cohen, Silverman, & Shmavonan, 1963; Silverman, Adevai, & McGough, 1966).

Otro trabajo que aborda la relación entre DIC y percepción háptica no halló diferencias significativas entre la lateralidad y la dependencia de campo visual (Weener & van Blerkom, 1982).

Con respecto a relación entre DIC y lateralidad, existe evidencia directa entre preferencia lateral y dependencia de campo, que solamente es conclusiva cuando está mediada por el daño cerebral (O'Connor & Shaw, 1978). En dicha comunicación se revisan diversos estudios sobre la relación entre DIC y lateralidad (Ver Tabla 3).

Con relación a las funciones lateralizadas se ha visto que existe una concordancia entre el grado de lateralidad y la dependencia de campo con la coherencia EEG (que es una medida funcional de asociación/disociación hemisférica) ya que ellos encontraron que hay una mayor coherencia inter-hemisférica e intra-hemisférica característica de la dependencia de campo y de la lateralidad zurda. Estos resultados son consistentes con un modelo de organización difusa de pequeñas unidades funcionales menos especializadas que son interdependientes. Por el contrario, valores de coherencia relativamente bajos se relacionan con una lateralidad diestra muy fuerte y una independencia de campo con un sistema definido de unidades específicas interdependientes más grandes (O'Connor & Shaw, 1978).

Tabla 3: Relación entre lateralidad y Dependencia de Campo Visual revisado por O'Connor y Shaw (1978)

Hipótesis	Resultados del estudio	Referencia
Zurdos son más dependientes de campo	Solo compararon los percentiles más altos y más bajos de DIC, y también encontraron algunos zurdos fuertemente independientes de campo.	Adevai y McGrough, (1966)
Sujetos con lateralidad mixta son más dependientes de campo	No encontraron relación entre DIC y lateralidad	Oltman y Capobianco (1967)
Zurdos son menos sensibles a los aspectos lateralizados de las pruebas aplicadas		Silverman <i>et al</i> (1966)
Sujetos con dominancia acústica derecha son mas independientes de campo		Pizzamiglio, (1974)

También se ha reportado que a mayor independencia de campo, los sujetos mostraron un mayor efecto de lateralización de funciones con respecto a los sujetos que presentan mayor dependencia de campo, como en la tarea de recuperación de dígitos en escucha dicótica, y en el reconocimiento unilateral de letras y de rostros; y que en general el estilo independiente de campo se relaciona con mayor especialización sin importar la dirección de la lateralidad (zurdo o diestro) (Zoccolotti, 1982). Esta relación entre mayor independencia de campo y mayor coherencia EEG fue confirmada por Colter, proponiendo como explicación a este fenómeno es que

entre los sujetos dependientes e independientes de campo, los correlatos de funcionamiento estructural son diferentes, y el estilo dependiente de campo involucra un mayor procesamiento de la información (Colter & Shaw, 1982).

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Hasta ahora hemos expuesto que la lateralidad es una función compleja que involucra tanto a estructuras cerebrales, como especialización de funciones y un trasfondo genético, los cuales en su conjunto determinan la conducta lateralizada en una función cognitiva (como el habla o los procesos visoespaciales).

Se ha propuesto que esta lateralización brinda ventajas en el procesamiento de información, pero a pesar de los avances en las técnicas de investigación, como son la Resonancia Magnética Funcional o en los marcos teóricos de referencia, aun nos encontramos lejos de entender la relación entre la lateralidad y las funciones cognitivas en general.

Por otro lado, a pesar de que existen evidencias reportadas en la literatura sobre una relación entre lateralidad y dependencia de campo visual, los resultados no han sido concluyentes y muchos de ellos son contradictorios. De ahí la importancia de estudiar la relación que existe entre lateralidad y dependencia de campo visual. Los resultados del presente trabajo contribuirán al esclarecimiento del papel de la dependencia de campo visual como una función lateralizada y las posibles consecuencias de esto.

3.- OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la relación existente entre lateralidad manual, y dependencia de campo visual.

Los objetivos específicos que persigue el presente trabajo son:

- Describir la incidencia de lateralidad izquierda en una muestra de personas de la población general de la zona metropolitana de la Cd. de México.
- Evaluar el coeficiente de confiabilidad entre los instrumentos utilizados para medir el grado de lateralidad: la Prueba de Lateralidad de Annett y el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo en la muestra estudiada.
- Determinar si existe una relación entre la dependencia de campo visual y la lateralidad en la muestra estudiada.

Hipótesis

Ho: La proporción de participantes estudiados con lateralidad izquierda será igual a la proporción poblacional de personas con lateralidad izquierda.

Ha: La proporción de participantes estudiados con lateralidad izquierda será igual a la proporción poblacional de personas con lateralidad izquierda.

- 1. Evaluar el coeficiente de confiabilidad entre los instrumentos utilizados para medir el grado de lateralidad: la Prueba de Lateralidad de Annett y el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo en la muestra estudiada.*

Ho: La correlación entre la Prueba de Lateralidad de Annett y el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo será mayor a .5 en la muestra estudiada.

Ha: La correlación entre la Prueba de Lateralidad de Annett y el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo será menor a .5 en la muestra estudiada.

- 2. Determinar si existe una relación entre la dependencia de campo visual y la lateralidad en la muestra estudiada.*

Ho: Los sujetos que exhiben una lateralidad manual izquierda puntuarán más alto en las prueba de DIC para dependencia de campo, en relación con los sujetos de lateralidad diestra.

Ha: Los sujetos que exhiben una lateralidad manual izquierda puntuarán más bajo en las prueba de DIC para dependencia de campo, en relación con los sujetos de lateralidad diestra.

4.- METODO

Tipo de Estudio

El presente estudio es un estudio descriptivo-correlacional con un diseño bivariado de medida única y con sujetos elegidos por muestreo no probabilístico. (Cozby, 2008).

Variable Independiente

- Lateralidad manual del participante determinada por el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo (Oldfield, 1971) y por la Prueba de Lateralidad de Annett (Annett, 1968).

Variable Dependiente

- Dependencia de campo visual medida con la Prueba de Figuras Ocultas (Ottman, Raskin, & Witkin, 1971).

Sujetos

Se evaluaron 34 hombres y 47 mujeres con edades entre 19 y 35 años, seleccionados por conveniencia (muestreo no probabilístico). Los participantes

fueron individuos de fácil acceso que pudieran completar las evaluaciones en una sola sesión.

Criterios de exclusión:

- a. Que el participante no completara la evaluación.
- b. Que el participante refiera padecer alguna condición médica, neurológica o psiquiátrica que interfiera con la aplicación de las pruebas.
- c. Que el participante se retirara por decisión voluntaria.

Instrumentos

Cuestionario de antecedentes personales

Este cuestionario de elaboración propia permite obtener información sobre antecedentes personales, estilo de vida y antecedentes heredofamiliares de lateralidad zurda. Está dividido en 3 secciones:

- Antecedentes Escolares, que nos permitió obtener la información sobre escolaridad e idiomas adicionales al español.
- Antecedentes Médicos, la cual contiene preguntas orientadas a obtener información sobre antecedentes hereditarios que podrían incidir en cualquiera de nuestras variables (lateralidad o DIC).
- Estilo de vida, en donde recopilamos información relacionada con estilo de vida (como práctica de algún deporte o actividades artísticas) que se ha visto mantienen relación con la lateralidad.

Inventario de Lateralidad de Edinburgo:

Este inventario es usado para evaluar la lateralidad general derecha o izquierda en una persona a través de una lista de actividades cotidianas. Este inventario es simple y provee una medida cuantitativa de lateralidad respaldada en una distribución de valores conocida y en una muestra poblacional razonable (Oldfield, 1971).

La prueba está compuesta por 10 reactivos que preguntan al participante qué mano utiliza para realizar diferentes situaciones de la vida diaria, con 3 opciones de respuesta: derecha, izquierda y ambas. Las respuestas se suman y se obtiene un porcentaje de destreza (%D) que corresponde a la proporción de actividades hechas con la mano derecha.

Ésta prueba fue estandarizada en una población universitaria mexicana ($n = 1114$, $\bar{x} = 21.17$ años) donde se determinó que el 93.5% de la población es diestra con un %D > 75%.

Prueba de Lateralidad de Annett (1964)

Es uno de los instrumentos más utilizados para la evaluación de la lateralidad. Consta de dos partes: una parte de autocompletar, la cual es respondida por el sujeto, y la entrevista estructurada, que nos permitió efectuar una discriminación más fina entre sujetos diestros y zurdos, al poder observar la ejecución de las tareas que nos permiten discriminar a los sujetos en grupos de acuerdo a su grado de lateralidad.

Prueba de Figuras Ocultas

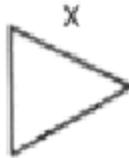
Ésta prueba mide la dependencia-independencia de campo, como una habilidad visual (Otman, Raskin, & Witkin, 1971). Es una de las más empleadas y se usa como parte de la batería de selección del pilotos aviadores de la Armada de E.U.A. (Katz, 2006).

La prueba consiste en encontrar una figura conocida dentro de una figura más compleja (ver Figura 4). Está compuesta por 25 reactivos que se encuentran divididos en 3 secciones. La primera sección consta de 7 reactivos de práctica, mientras que las 2 secciones restantes constan de 9 reactivos cada una.

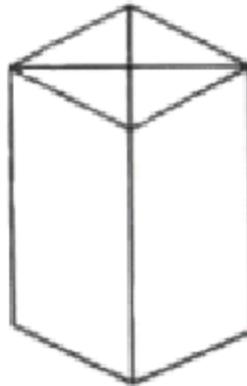
Se califica como acierto cuando el participante identifica la figura simple dentro del diseño complejo con el mismo tamaño, la misma proporción y la misma dirección. Se

suman todos los aciertos esto asigna una calificación global. Una calificación alta indica una independencia de campo visual.

Aquí está el dibujo de una figura sencilla a la que hemos denominado "X"



Esta figura sencilla, "X" está oculta dentro de este diseño:



Trate de encontrar la figura sencilla dentro de la figura complicada y dibujela con su lápiz. Tiene la MISMA FORMA, el MISMO TAMAÑO y la MISMA DIRECCIÓN que cuando está dibujada sola

Cuando termine, de vuelta a la página para comprobar su respuesta

Figura 4. Ejemplo de ítem de la Prueba de Figuras Ocultas (Tomada de Ottman, Raskin y Witkin, 1971).

Procedimiento

Se aplicó la batería de pruebas a los participantes, de acuerdo a las instrucciones descritas en los manuales de cada prueba, en el orden que a continuación se describe:

1. Cuestionario de antecedentes personales. Se aplicó de forma individual o colectiva, dependiendo de las características de los participantes, sin límite de tiempo en la aplicación.
2. Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo. Se aplicó de forma individual o colectiva, dependiendo de las características de los participantes, sin límite de tiempo en la aplicación.
3. Prueba de Figuras Ocultas Se aplicó de forma individual o colectiva, dependiendo de las características de los participantes, utilizando 10 min. para cada una de las 3 tareas de la prueba. El tiempo máximo de aplicación para esta prueba es de 30 min.
4. Prueba de Lateralidad de Annett Se aplicó de forma individual, para poder observar las respuestas de los sujetos ante el bloque de ejecución de tareas. El tiempo promedio de aplicación fue de 5 min.

Una vez que las pruebas se completaron, se calificaron de acuerdo a las instrucciones del manual de la prueba, se clasificaron y codificaron para su posterior análisis estadístico.

Los datos codificados se capturaron en el paquete Microsoft Excel ver. 14.0.5128.5000 (Microsoft Corp., 2010). El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Sigmaplot para Windows versión 12.1.0.15 (Systat Software Inc., 2011) con los siguientes análisis:

- Estadística descriptiva para conocer las características de la población estudiada.
- Análisis de correlación producto-momento de Pearson para evaluar la correlación entre ambas pruebas de lateralidad.
- Análisis de correlación producto-momento de Pearson para la relación entre lateralidad y dependencia de campo visual.
- Análisis de regresión lineal para determinar un modelo de predicción de dependencia de campo con lateralidad como variable predictora.

5.- RESULTADOS

I. Descripción de la población que participó en el presente estudio.

La muestra estudiada en el presente estudio (n=85) estuvo integrada por 35 participantes hombres (41.17% de la población) con una edad promedio de 25.9 (SD = 5.92, rango de edad 18 a 41 años) años y 50 participantes fueron mujeres (58.82% de la población estudiada) con una edad promedio de 23.29 años (SD = 6.3, rango de edad de 18 a 52 años), como se observa en la Tabla 5:

Tabla 5. Descripción de la muestra estudiada por edad, escolaridad y lateralidad manual zurda (Media \pm Error Estándar)

	Edad	Escolaridad	Incidencia Zurdera	
			Casos	%
Hombres	25.9 (± 1.001)	14.2 (± 0.431)	3	8.57%
<i>n</i>			35	
Mujeres	23.2 (± 0.884)	14.2 (± 0.285)	0	0%
<i>n</i>			50	
Total			3	3.52%
<i>n</i>			85	

La escolaridad promedio de los hombres fue de 14.5 años (SD = 2.5), con un rango de escolaridad de 8 (3er. año de primaria) a 17 años (1er. año de Maestría), mientras que las mujeres tuvieron una escolaridad promedio de 14.2 años (SD = 2.0) con un

rango de escolaridad de 9 (4to. año de primaria) a 18 años (1er. año de doctorado) en el momento del presente estudio. La escolaridad promedio es equivalente a estudios de primer semestre universitario. Ambos grupos (hombres y mujeres) fueron estadísticamente homogéneos en cuanto a edad y escolaridad.

Con respecto a la lateralidad que reportan los participantes, encontramos 3 casos que reportan dominancia manual zurda en los hombres. Este valor equivale al 8.57% del total de hombres y al 3.52% del total de la muestra estudiada.

Comparamos la proporción de lateralidad zurda obtenida en nuestra muestra estudiada con proporciones de lateralidad zurda reportadas en otros estudios (Tabla 6):

Tabla 6. Comparación de la proporción de sujetos con lateralidad zurda reportados en otros estudios

Estudio	% zurdo	Pais
Nuestro estudio (2011)	3.52%	México
(Cuencas, et al., 1990)	6.5%	Mexico
(Gregory, 2003)	0.8%	Japón
(Johnston, Nicholls, Shah, & Shields, 2010)	8.3%	USA

Para comprobar si nuestros datos eran equiparables a los reportados en otras poblaciones, exploramos el ajuste de la proporción de lateralidad de la muestra estudiada contra los valores poblacionales normativos propuestos por Annett (2004).

Para lograr lo anterior clasificamos primero a los 85 participantes en zurdos, mixtos y diestros, en base al algoritmo anteriormente descrito (Figura 2). Después calculamos los valores teóricos derivados de la proporciones propuestas por el modelo RS+ para una muestra de $n = 85$. Estos datos se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Tabla de comparación de las frecuencias observadas en cada grupo de lateralidad, y las proporciones teóricas calculadas a partir de la proporción reportada por Annett (2004).

	%	Observados	Esperados
		N	N
Diestros consistentes	60.0%	45	51
Mixtos	35.9%	37	30
Zurdos Consistentes	4.1%	3	4

Estas frecuencias se compararon utilizando la prueba de Chi cuadrada para bondad de ajuste, obteniendo $\chi^2 = 2.589$ con $gL=2$ la cual es estadísticamente significativa al valor $\alpha = 0.001$, por lo que prevalece la hipótesis nula de que la frecuencias observadas son iguales a las frecuencias esperadas, por lo que podemos afirmar que las observaciones en nuestra muestra estudiada se ajusta al modelo de un gen RS.

Después analizamos la información de estilo de vida obtenida en el Cuestionario de Antecedentes Personales. Estos datos se resumen en la Tabla 8:

Tabla 8. Descripción de los antecedentes personales y las variables de calidad de vida en la muestra estudiada (% del total).

	Hombres		Mujeres	
	Casos (n)	%	Casos (n)	%
Antecedentes				
Médicos	7	20.0%	6	12.0%
Neurológicos	2	5.7%	1	2.0%
Psiquiátricos	7	20.0%	7	14.0%
Consumo de Sustancias				
Medicamentos	3	8.5%	5	10.0%
Drogas	4	11.4%	1	2.0%
Tabaco	10	28.5%	4	8.0%
Alcohol	10	28.5%	5	10.0%
Anticonceptivos	n/a		2	4.0%
Otras Actividades				
Deportes	14	40.0%	4	8.0%
Artísticas	6	17.1%	8	16.0%
Familiares con Zurdera	3	8.5%	6	12.0%

Con respecto a los antecedentes médicos, neurológicos y psiquiátricos, observamos que las proporciones de sujetos que tienen antecedentes de este tipo van de un 5.7% a un 20% en el caso de los hombres, y un 2% a un 14% en el caso de las mujeres.

En relación al consumo de sustancias, vemos que las proporciones van del 8.5% al 28.5%, siendo el alcohol y el tabaco la sustancia más consumida por los hombres; mientras que en el caso de la mujeres, entre un 2% y un 10% consumen regularmente sustancias de abuso, principalmente alcohol y medicamentos de

prescripción, siendo los hombres los que incurren en mayor proporción en el consumo de sustancias.

Cuando analizamos las variables de calidad de vida, observamos que los hombres tuvieron una preferencia marcada hacia las actividades deportivas (40% de estos practican algún deporte contra 8% de las mujeres). Hombres y mujeres tuvieron una proporción semejante de práctica de actividades artísticas (17.1% en el caso de los hombres contra 16% en el caso de las mujeres). Por último, en la muestra estudiada se observa una proporción similar de participantes con familiares directos que presentan lateralidad manual zurda como padres o hermanos (8.5% en hombres vs. 12.0% en mujeres).

Estos resultados nos permiten afirmar que nuestra muestra es heterogénea, lo cual corresponde al tipo de muestreo utilizado en el presente estudio (muestro no probabilístico en una población general).

II. Comparación entre la Prueba de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Lateralidad de Annett

Una vez que obtuvimos las estadísticas descriptivas de la muestra, nos propusimos estudiar la relación entre los instrumentos utilizados para evaluar la lateralidad (Tabla 8). Para esto, se correlacionaron las calificaciones de la prueba de lateralidad de Edinburgo y el Cuestionario de Lateralidad de Annett (secciones reportado y observado, n=85).

Tabla 8. Correlación entre el cuestionario de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Lateralidad de Annett.

Subprueba:		Prueba de Annett	
		Lateralidad Reportada	Lateralidad Observada
Cuestionario de Edinburgo		0.671 (p=.000)	0.612 (p=.000)

Estos resultados nos permiten afirmar que la relación entre ambos instrumentos es moderada y estadísticamente significativa.

III. Correlación entre la Prueba de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Figuras Ocultas

Antes de comparar la relación entre DIC y lateralidad, se eliminaron de la muestra a 6 participantes: 2 por problemas neurológicos, 3 por no completar la evaluación, y 1 por lateralidad diestra por aprendizaje en la etapa infantil, quedando así nuestra $n = 79$. Posteriormente evaluamos en primer término la relación entre ambas variables (lateralidad vs. DIC) por un análisis de correlación producto-momento de Pearson en el cual obtuvimos un coeficiente $r = -0.244$ ($p = .030$). Esto nos permite afirmar que la relación entre ambas variables es inversa, débil y estadísticamente significativa, y que la relación entre DIC y lateralidad permiten explicar una proporción de varianza del 5.97%. Aunque la proporción de varianza explicada es de 6%, existen reportes en la literatura de valores similares cuando se evalúa la lateralidad y su relación con variables cognitivas, como memoria (6.5% a 14%), matemáticas (5.5% a 7.8%) y comprensión de textos (5.2% a 10.2%) respectivamente (Johnston, et al., 2010).

Estos resultados nos animaron a probar un modelo de regresión lineal, para probar la capacidad predictiva de la lateralidad con respecto a la DIC.

Una vez realizado el análisis de regresión lineal, obtuvimos el siguiente modelo lineal general:

$$\text{TFO} = 26.72 - 0.607 \text{ Edinburgo} \quad (p = 0.027)$$

De este modelo se desprende una pendiente de -0.607. El valor de la pendiente nos sugiere una relación negativa entre la lateralidad y la dependencia de campo visual estadísticamente significativa. Evaluamos además en esta muestra la normalidad por la prueba de Shapiro-Wilk ($W = 0.793$; $p < .001$ para los datos de dependencia de campo visual y $W=0.834$; $p < .001$ para la prueba de lateralidad de Edinburgo). Con esto último podemos afirmar los datos obtenidos en nuestro análisis de regresión no proceden de una muestra normalmente distribuida.

Esto último lo confirmamos al hacer el análisis post-hoc de los residuales (Figura 6). En la gráfica podemos observar que existe una región lineal en la parte media los cuales nos indican que la muestra estudiada se encuentra normalizada. Sin embargo, también observamos que existen valores muy por encima de la línea media, lo que implica que son valores atípicos en la distribución de frecuencias y que podrían estar afectando el comportamiento estadístico de nuestros resultados.

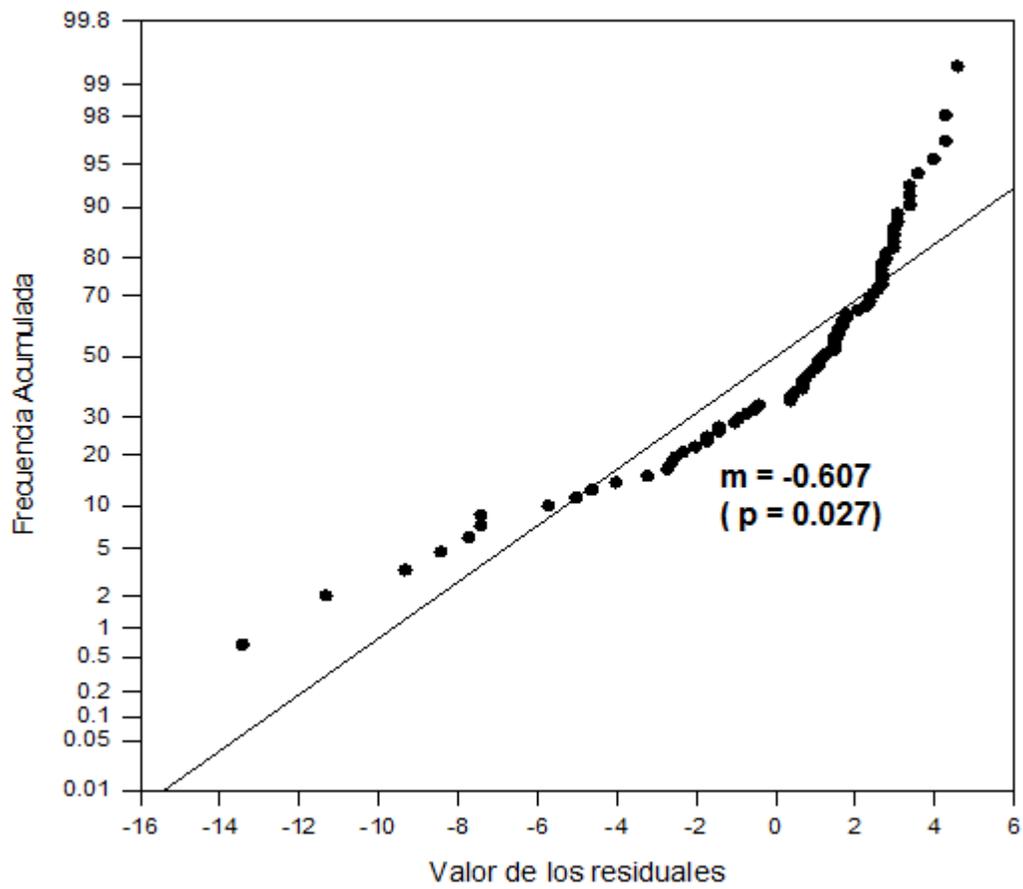


Figura 6. Gráficas de probabilidad de los residuos para el modelo de regresión de lateralidad contra dependencia de campo visual.

6.- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La Dependencia de Campo Visual es una función lateralizada.

En el presente trabajo encontramos que existe una relación entre lateralidad y dependencia de campo visual. Nuestro estudio es contrario a los hallazgos de Newland (1984), ya que nosotros observamos que a mayor lateralidad zurda se observa una menor independencia de campo visual. Estos hallazgos son consistentes con las observaciones de Culver (1963) y Silverman (1966) que mostraron que los participantes zurdos son más dependientes de campo.

La relación entre lateralidad y dependencia de campo visual es inversa. Es decir, que a una mayor lateralidad diestra, corresponde una menor dependencia de campo visual.

Nuestro modelo de regresión lineal arrojó un coeficiente de pendiente de -0.607 estadísticamente significativa ($p = 0.027$) y un coeficiente de regresión $r^2 = 0.061$. Este coeficiente de pendiente nos indica que la disminución de una unidad en la DIC está relacionada con la reducción de la lateralidad diestra y este efecto es de alrededor del 0.6 unidades. El 0.4 restante podría ser explicado por las diferencias en los factores psicosociales (como la formación académica, el entrenamiento) y a

factores relacionados con la herencia familiar del sujeto, los cuales no fueron objeto de este estudio. Por otro lado el coeficiente de regresión nos permite afirmar que la lateralidad como variable, puede explicar el 6% de la varianza total de la DIC. Valores similares se han observado en otros trabajos que relacionan lateralidad y funciones cognitivas (Johnston, et al., 2010).

Para efectos de este estudio es importante recalcar que nuestra muestra estudiada fue una muestra obtenida de la población general, que nuestra muestra presenta características heterogéneas, y que la distribución del fenotipo lateralizado de nuestra muestra se ajusta al patrón del gen RS. Esta relación es importante, ya que el factor RS es un factor de direccionamiento, y podría estar involucrado en la formación de redes de procesamiento de la información visual, y así influir en como procesamos la información medioambiental. Un ejemplo de esto es el agarre de objetos con la mano izquierda, que es más sensible al efecto del tamaño de las ilusiones visuales que el agarre con la mano derecha (Gonzalez, 2006).

Podemos explicar entonces la relación entre lateralidad y DIC en términos de complementariedad entre ambos hemisféricos, ya que una posible explicación sería que la pérdida de dominancia del hemisferio izquierdo (que corresponde a una disminución de lateralidad manual derecha) permitiría la integración de funciones de ambos hemisferios, lo que tendría como resultado el incremento en el procesamiento global de los estímulos visuales (que está dada por la DIC). Esta relación entre

lateralidad y DIC nos sugiere que para que pueda existir un procesamiento holístico de estímulos visuales complejos es necesaria la intervención de estructuras de ambos hemisferios. Este fenómeno se ha observado por ejemplo, en trabajos que analizan estímulos que contienen información de 2 modalidades diferentes (verbal-visual) o cuando el estímulo es de la misma modalidad pero es operada por dos áreas de ambos hemisferios (Hartwigsen et al., 2010).

Analizamos también la confiabilidad de los instrumentos utilizados para medir la lateralidad, correlacionando el Cuestionario de Lateralidad de Edinburgo y la Prueba de Lateralidad de Annett. Encontramos que la relación entre ambos es de ~ 0.6 , lo cual nos indica que la relación entre ambos instrumentos es moderada y significativa.

Una explicación evolutiva al fenómeno de lateralidad es propuesta por Ghirlanda y Vallortigara (Ghirlanda & Vallortigara, 2004). De acuerdo con estos autores, la lateralización a nivel poblacional depende del encaje ó *fitness* que tenga un individuo asimétrico en comparación con los otros individuos asimétricos de la misma población. El fitness desde un punto de vista evolutivo se refiere al grado en el que un sujeto se adapta en su medio ambiente (Sobber, 2001). Ésta idea de fitness nos permite explicar cómo en una población que contiene individuos zurdos y diestros en proporciones diferentes, donde el fenotipo zurdo se considera un alelo recesivo, la proporción de sujetos zurdos es estable evolutivamente si la frecuencia de lateralización depende de costos y beneficios al individuo. Considerar el fitness como

una fuerza de mantenimiento evolutivo de la lateralidad zurda podría explicar fenómenos como las diferencias geográficas observadas en la lateralidad (Raymond & Pontier, 2004).

A este respecto, Sobber comenta que el valor de adaptación (fitness) de una característica individual (como la lateralidad zurda) debe incidir en la capacidad de reproducción de éste individuo (lo que permite que esa característica se mantenga en la población).

Esto nos lleva a preguntar ¿Qué ventajas evolutivas brinda la lateralidad zurda a nivel de especie? Se ha sugerido que la población podría ejercer fuerzas de selección que mantienen un polimorfismo en los genes relacionados con la lateralidad. Estas fuerzas podrían estar relacionadas con la autosupervivencia, ya que un individuo zurdo tendría ventajas al pelear con un individuo diestro (Raymond & Pontier, 2004). Existe también un efecto parental, el cual se define como el efecto que producen los padres en el genotipo de su progenie, sin que funcionalmente modifiquen el genotipo del individuo. Este efecto transgeneracional afecta fuertemente el fitness de la progenie y se puede dar por cambios epigenéticos heredados a la progenie, o por modificaciones al medio ambiente que son consecuencia de la expresión fenotípica parental (Danchin et al., 2011). Este efecto parental podría explicar la mayor incidencia en familias en las que uno de sus miembros es zurdo (Annett, 1994).

Limitaciones del estudio

Nuestros datos arrojaron mucha variabilidad entre los grupos con diferente grado de lateralidad, ya que a pesar que el número de participantes (n=85) nos permitió construir un modelo lineal para describir a nuestra muestra, la distribución de nuestra muestra no estuvo normalmente distribuida y se observaron muchos valores atípicos en nuestra muestra estudiada. Esto nos impone la necesidad de aumentar el número de participantes en el presente estudio, y que nos permitiría clasificar a los participantes por cohortes de edad, lo cual nos permitiría estudiar el desarrollo y mantenimiento de la lateralidad al mismo durante la maduración biológica del organismo.

Tampoco fue objeto del presente estudio evaluar la relación entre variables de estilo de vida y lateralidad, aunque en la literatura existen referencias que apuntan a relaciones entre lateralidad y la práctica de deportes o tareas de ejercitación (Brogardh, Johansson, Nygren, & Sjölund, 2010), la relación entre consumo de sustancias como alcohol y la lateralidad (Roussotte, Soderberg, & Sowell, 2010) o las habilidades musicales y la lateralidad (Kopiez, Galley, & Lee, 2006). Este problema puede ser abordado utilizando un modelo multivariado más inclusivo (que considere variables de personalidad, de aptitudes diferenciales como habilidad mecánica, de inteligencia, etc.).

Otro factor que limita el alcance de nuestro estudio es la variabilidad entre los instrumentos utilizados. Una alternativa que proponemos para evitar la variabilidad inherente a los instrumentos de lápiz y papel, sería a través de una tarea psicofisiológica, como la escucha dicótica o la tarea de medio campo visual. Con los Experimentos de Medio Campo Visual (Visual half-field experiments) descrito con mayor detalle en Hunter y Brysbaert, (2008) podemos reducir la variabilidad observada a poder comparar el procesamiento visual en los hemisferios cerebrales por separado (Hunter & Brysbaert, 2008).

El experimento de medio campo visual consiste en proyectar la información a una sola hemirretina (nasal o temporal) para evaluar el tiempo de reacción y la actividad en cada uno de los hemisferios proyectados. Nuestra propuesta experimental, que se podría continuar durante el doctorado, es presentar un conjunto de estímulos complejos semejantes a los de la prueba de Witkin, que pueden o no contener el estímulo simple, y medir el tiempo de reacción comprendido entre la presentación del estímulo complejo y la respuesta (estímulo simple presente o ausente). Así evaluaríamos la lateralidad comparando los tiempos de reacción y el número de errores entre grupos de sujetos.

Otro problema que aún tiene validez en la literatura son los instrumentos que evalúan la lateralidad. No podemos negar que existe un aspecto cultural que modela la lateralidad. En estudios de lateralidad en primates no humanos (cuadrúpedos), se

demonstró que una adaptación ecológica, que está dada por los cambios posturales que toma el sujeto para poder acceder al alimento, cambiaron la morfología del propio cuerpo y con esto se modeló la evolución de la lateralidad manual (Scheumann, Joly-Radko, Leliveld, & Zimmermann, 2011).

Así que una limitación adicional de nuestro estudio es no considerar los factores que podrían ejercer una presión evolutiva en el desarrollo de la lateralidad, Por ejemplo, para Raymond and Pontier (2004) las tareas de lanzar un objeto y martillar son tareas que se expresaron más temprano en la especie (antes de escribir o dibujar) debido a que estaban relacionadas con la supervivencia (es posible que los primates ancestrales tuvieran peleas y la lateralización les hubiera reportado una ventaja de supervivencia. Como lo mencionamos anteriormente, el uso de tareas psicofisiológicas podría ayudarnos en este sentido, al poder evaluar el sustrato neurobiológico que permite la expresión de la función.

7.- REFERENCIAS

- Aleman, A., Badzakova-Trajkov, G., Häberling, I. S., Roberts, R. P., & Corballis, M. C. (2010). Cerebral Asymmetries: Complementary and Independent Processes. *PLoS ONE*, 5(3), e9682. doi: 10.1371/journal.pone.0009682
- Álvarez-Linera, J., Martín-Plasencia, P., F., M.-U., Sola, R. G., Iglesias, J., & Serrano, J. M. (2002). Dominancia hemisférica para el lenguaje y resonancia magnética funcional: comparación de tres tareas. *Revista de Neurología*, 35, 115-118.
- Annett, M. (1964). The binomial distribution of right, mixed and left handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19(4), 327-333.
- Annett, M. (1994). Handedness as a Continuous Variable with Dextral. Shift: Sex, Generation, and Family Handedness in Subgroups of Left- and Right-Handers. *Behavior Genetics*, 24(1), 51-63.
- Annett, M. (2003). Cerebral asymmetry in twins Predictions of the right shift theory. *Neuropsychologia*, 41(4), 469-479.
- Annett, M. (2004). Hand Preference Observed in Large Healthy Samples: Classification, Norms and Interpretations of Increased Non-right-handedness by the Right Shift Theory. *British Journal of Psychology*, 95(Pt. 3), 339-353.
- Annett, M. (2006). The distribution of handedness in chimpanzees: Estimating right shift in Hopkins' sample. *Laterality*, 11(2), 101-109.
- Annett, M. (2009a). The Genetic Basis of Lateralization. In I. E. C. Sommer & R. S. Kahn (Eds.), *Language Lateralization and Psychosis* (pp. 73-86). Cambridge: Cambridge University Press.

- Annett, M. (2009b). Patterns of hand preference for pairs of actions and the classification of handedness. *British Journal of Psychology*, *100*, 491-500.
- Arrieta, M. (2006). La capacidad espacial en la educación matemática: Estructura y medida. *Educación Matemática*, *18*(1), 99-132.
- Babcock, L. (2005). Asymmetry in the fossil record. *European Review*, *13*(2), 135-145.
- Bala, G., Golubovic, S., & R., K. (2010). Relations between Handedness and Motor Abilities in Preschool Children. *Collections in Anthropology*, *34*(Supp. 1), 69-75.
- Barroso, J., & Nieto, A. (2001). Estudio de la asimetría cerebral con sujetos neurologicamente normales: procedimientos visuales. *Revista de Neurología*, *32*, 382-386.
- Bisazza, A., Rogers, L. J., & Vallortigara, G. (1998). The Origins of Cerebral Asymmetry: A Review of Evidence of Behavioural and Brain Lateralization in Fishes, Reptiles and Amphibians. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, *22*(3), 411-426.
- Brogardh, C., Johansson, F. W., Nygren, F., & Sjölund, B. H. (2010). Mode of hand training determines cortical reorganisation: A randomized controlled study in healthy adults. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *42*(8), 789-794. doi: 10.2340/16501977-0588
- Bruyer, R., & Caruso, A. (1988). Relative vs. Absolute Right Hemisphere Superiority From Lateral Differences in Visual Processing by Normals: an Example of Uncertainty in Experimental Neuropsychology. *International Journal of Psychology*, *23*, 461-470.

- Carl, M., Bianco, I. H., Bajoghli, B., Aghaallaei, N., Czerny, T., & Wilson, S. W. (2007). Wnt/Axin1/ β -Catenin Signaling Regulates Asymmetric Nodal Activation, Elaboration and Concordance of CNS asymmetries. *Neuron*, 55(3), 393-405.
- Casey. (1996). Understanding individual differences in spatial ability within females: A nature/nurture interactionist framework. *Developmental Review*, 16(3), 241-260. doi: 10.1006/drev.1996.0009
- Casey, Nuttall, R. L., & Pezaris, E. (1999). Evidence in support of a model that predicts how biological and environmental factors interact to influence spatial skills. *Developmental Psychology*, 35(5), 1237-1247.
- Colter, N., & Shaw, J. C. (1982). EEG Coherence Analysis and Field Dependence. *Biological Psychology*, 15, 215-228.
- Crow, T. J. (2002). Handedness, language lateralisation and anatomical asymmetry: Relevance to protocadherin XY to hominid speciation and the aetiology of psychosis. *British Journal of Psychiatry*, 181, 295-297.
- Cuencas, Z. 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.
- Culver, C., Cohen, S. I., Silverman, A. J., & Shmavonian, B. M. (1963). *Recent advances in biological psychiatry*. Paper presented at the Proceedings of the XVIII Annual Convention and Scientific Program of the Society of Biological Psychiatry.

- Chen, F., Venugopal, V., Murray, B., & Rudenko, G. (2011). The Structure of Neurexin 1 α Reveals Features Promoting a Role as Synaptic Organizer. *Structure*, 19(6), 779-789. doi: 10.1016/j.str.2011.03.012
- Danchin, É., Charmantier, A., Champagne, F. A., Mesoudi, A., Pujol, B., & Blanchet, S. (2011). Beyond DNA: integrating inclusive inheritance into an extended theory of evolution. *Nature Reviews Genetics*, 12(7), 475-486. doi: 10.1038/nrg3028
- Davis, J. K. (1973). *Cognitive style and hypothesis testing*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- Diamond, A. C., & McGrew, W. C. (1994). True Handedness in the Cotton-top Tamarin (*Saguinus oedipus*)? *Primates*, 35(1), 69-77.
- Eberling, J. (2004). Estrogen- and tamoxifen-associated effects on brain structure and function. *NeuroImage*, 21(1), 364-371. doi: 10.1016/j.neuroimage.2003.08.037
- Francks, C., Maegawa, S., Laurén, J., Abrahams, B. S., Velayos-Baeza, A., Medland, S. E., . . . Monaco, A. P. (2007). LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 12(12), 1129-1139. doi: 10.1038/sj.mp.4002053
- Fukumoto, T., Kema, I. P., & Levin, M. (2005). Serotonin Signaling Is a Very Early Step in Patterning of the Left-Right Axis in Chick and Frog Embryos. *Current Biology*, 15(9), 794-803. doi: 10.1016/j.cub.2005.03.044
- Geske, J., & Bellur, S. (2008). Differences in brain information processing between print and computer screens: bottom-up and top-down attention factors.

International Journal of Advertising, 27(3), 399. doi:
10.2501/s0265048708080049

Ghirlanda, S., & Vallortigara, G. (2004). The evolution of brain lateralization: a game-theoretical analysis of population structure. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1541), 853-857. doi: 10.1098/rspb.2003.2669

Giménez-Amaya, J. M. (2000). Anatomía funcional de la corteza cerebral implicada en los procesos visuales. *Revista de Neurología*, 30, 656-662.

Goetschmann, V. B., & Croquelois, A. (2010). Different Patterns of Lateralization of Cognitive Functions in a Left-Handed Patient with Unilateral Right Middle Cerebral Artery Stroke. *Cerebrovascular Disease*, 29, 403-407. doi: 10.1159/000288054

Gonzalez, C. L. R. (2006). Hemispheric Specialization for the Visual Control of Action Is Independent of Handedness. *Journal of Neurophysiology*, 95(6), 3496-3501. doi: 10.1152/jn.01187.2005

Good, C. D., Johnsrude, I., Ashburner, J., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. J. (2001). Cerebral Asymmetry and the Effects of Sex and Handedness on Brain Structure: A Voxel-Based Morphometric Analysis of 465 Normal Adult Human Brains. *NeuroImage*, 14(3), 685-700. doi: 10.1006/nimg.2001.0857

Gottschaldt, K. (1926). Ueber den Einfluss der Erfahrung auf die Wahrnehmung von Figuren. *Psychologische Forschung*, 8, 261-317.

Greenstein, B., & Greenstein, A. (2000). Color Atlas of Neuroscience. Neuroanatomy and Neurophysiology Vol. 1.

- Gregory, A. (2003). Handedness and schizotypy in a Japanese sample: an association masked by cultural effects on hand usage. *Schizophrenia Research*, 65(2-3), 139-145. doi: 10.1016/s0920-9964(03)00055-0
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). El Ojo III: Neurofisiología Central de la Visión. In A. C. Guyton & J. E. Hall (Eds.), *Tratado de Fisiología Médica* (11 ed., pp. 640-650). Barcelona: Elsevier.
- Halpern, D. F. (1996). Sex, Brains, Hands, and Spatial Cognition. *Developmental Review*, 16, 261-270.
- Hardyck, C., & Petrinovich, L. F. (1977). Left-Handedness. *Psychological Bulletin*, 84(3), 385-404.
- Hartlage, L. C., & Gage, R. (1997). Unimanual Performance as a Measure of Laterality. [Review]. *Neuropsychology Review*, 7(3).
- Hartwigsen, G., Baumgaertner, A., Price, C. J., Koehnke, M., Ulmer, S., & Siebner, H. R. (2010). Phonological decisions require both the left and right supramarginal gyri. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16494–16499. doi: 10.1073/pnas.1008121107
- Hofer. (2010). Reconstruction and dissection of the entire human visual pathway using diffusion tensor MRI. *Frontiers in Neuroanatomy*. doi: 10.3389/fnana.2010.00015
- Hopkins, W. D. (2007). Hemispheric Specialization in Chimpanzees: Evolution of Hand and Brain. In S. M. Platek, J. P. Keenan & T. K. Shackelford (Eds.), *Evolutionary Cognitive Neuroscience*. In M. S. Gazziniga (Series Ed.) *Cognitive Neuroscience*. Cambridge, MA: The MIT Press.

- Hudson, T. E., Li, W., & Matin, L. (2006). The field dependence/independence cognitive style does not control the spatial perception of elevation. *Perception & Psychophysics*, *68*(3), 377-392.
- Huheey, J. E. (1977). Concerning the Origin of Handedness in Humans. *Behavior Genetics*, *7*(1), 29-32.
- Hunter, Z. R., & Brysbaert, M. (2008). Visual half-field experiments are a good measure of cerebral language dominance if used properly: Evidence from fMRI. *Neuropsychologia*, *46*(1), 316-325. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.007
- Jay, V. (2002). Pierre Paul Broca. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, *126*, 250-251.
- Johnston, D. W., Nicholls, M. E. R., Shah, M., & Shields, M. A. (2010). Handedness, Health and Cognitive Development: Evidence from Children in the NLSY.pdf>. *IZA Discussion Paper*. Retrieved from
- Josse, G., Seghier, M. L., Kherif, F., & Price, C. J. (2008). Explaining Function with Anatomy: Language Lateralization and Corpus Callosum Size. *Journal of Neuroscience*, *28*(52), 14132-14139. doi: 10.1523/jneurosci.4383-08.2008
- Katz, L. C. (2006). *Finding the "Right Stuff": Development of an Army Aviator Selection Instrument*. (OMB No. 0704-0188). Alabama.
- Kimura, A. (2002). Sex Differences in the Brain. *Scientific American*, 32-37.
- Klar, A. J. S. (2003). Human Handedness and Scalp Hair-Whorl Direction Develop From a Common Genetic Mechanism. *Genetics*, *165*, 269-276.
- Klöppel, S., Mangin, J.-F., Vongerichten, A., Frackowiak, R. S. J., Hartwig, R., & Siebner, H. R. (2010). Nurture versus Nature: Long-Term Impact of Forced

- Right-Handedness on Structure of Pericentral Cortex and Basal Ganglia. *The Journal of Neuroscience*, 30(9), 3271-3275.
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2003). Cerebral Asymmetry. In B. Kolb & I. Q. Wishaw (Eds.), *Fundamentals Of Human Neuropsychology* (5 ed., pp. 250-281): WH Freeman & Co LTD.
- Kopiez, R., Galley, N., & Lee, J. (2006). The advantage of a decreasing right-hand superiority: The influence of laterality on a selected musical skill (sight reading achievement). *Neuropsychologia*, 44(7), 1079-1087. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.023
- Lehky, S. R., & Sereno, A. B. (2007). Comparison of Shape Encoding in Primate Dorsal and Ventral Visual Pathways. *Journal of Neurophysiology*, 97(1), 307-319. doi: 10.1152/jn.00168.2006
- Lohman, D. F. (1993). *Spatial Ability and G*. Paper presented at the first Spearman Seminar, University of Plymouth.
- McCranie, E. W., Simpson, M. E., & Stevens, J. S. (1981). Type A Behavior, Field Dependence, and Serum Lipids. *Psychosomatic Medicine*, 43(2), 107-116.
- McGilchrist, I. (2010). Reciprocal organization of the cerebral hemispheres. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 12(4), 504-515.
- 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(2), 330-337. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.09.005

- Milner, D., Karnath, H.-O., & Desmurget, M. (2003). The cognitive and neural bases of visually guided action. *Experimental Brain Research*, 153(2), 133-133. doi: 10.1007/s00221-003-1585-3
- Moore, K. L., & Persaud, T. V. N. (2007). El sistema Nervioso. In K. L. Moore & T. V. N. Persaud (Eds.), *Embriología Médica: El desarrollo del ser humano* (7 ed., pp. 427-463). España: Elsevier.
- Muckli, L., Naumer, M. J., & Singer, W. (2009). Bilateral visual field maps in a patient with only one hemisphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(31), 13034-13039. doi: 10.1073/pnas.0809688106
- Newland, G. A. (1984). Left-Handedness and Field Independence. *Neuropsychologia*, 22(5), 617-619.
- O'Connor, K. P., & Shaw, J. C. (1978). Field Dependence, Laterality and the EEG. *Biological Psychology*, 6, 93-109.
- O'Malley, R. C., & McGrew, W. C. (2006). Hand preferences in captive orangutans (*Pongo pygmaeus*). *Primates*, 47(3), 279-283. doi: 10.1007/s10329-006-0180-1
- Oldfield, R. C. (1971). The assesstment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Otman, P., Raskin, E., & Witkin, H. A. (1971). A manual for the Embedded Figure Test (EFT). Palo ALto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Pearce, J. M. (2006). Louis Pierre Gratiolet (1815-1865): the cerebral lobes and fissures. *European Neurology*, 56(4), 262-264.
- Raymond, M., & Pontier, D. (2004). Is there a geographical variation in human handedness? *Laterality*, 9(1), 35-51.

- Roussigne, M., Bianco, I. H., Wilson, S. W., & Blader, P. (2009). Nodal signalling imposes left-right asymmetry upon neurogenesis in the habenular nuclei. *Development*, *136*(9), 1549-1557. doi: 10.1242/dev.034793
- Roussotte, F., Soderberg, L., & Sowell, E. (2010). Structural, Metabolic, and Functional Brain Abnormalities as a Result of Prenatal Exposure to Drugs of Abuse: Evidence from Neuroimaging. *Neuropsychology Review*, *20*(4), 376-397. doi: 10.1007/s11065-010-9150-x
- Sala, S. D., Laiacona, M., Trivelli, C., & Spinnler, H. (1995). Poppelreuter-Ghent's Overlapping Figures Test: Its Sensitivity to Age, and Its Clinical Use. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *10*(6), 511-534.
- Salmaso, D., & Longoni, A. M. (1985). Problems in the Assessment of Hand Preference. *Cortex*, *21*, 533-549.
- Sanders, B., Wilson, J. R., & Vandenberg, S. G. (1982). Handedness and Spatial Ability. *Cortex*, *18*(1), 79-89.
- Scheumann, M., Joly-Radko, M., Leliveld, L., & Zimmermann, E. (2011). Does body posture influence hand preference in an ancestral primate model? *BMC Evolutionary Biology*, *11*(1), 52. doi: 10.1186/1471-2148-11-52
- Silverman, A. J., Adevai, G., & McGough, W. (1966). Some relationships between handedness and perception. *Journal of Psychosomatic Research*, *10*, 151-158.
- Sobber, E. (2001). The Two Faces of Fitness. In R. Singh, D. Paul, C. Krimbas & J. Beatty (Eds.), *Thinking about Evolution: Historical, Philosophical, and Political Perspectives* (pp. 309-321). New York: Cambridge University Press.

- Sperling, W., Biermann, T., Bleich, S., Galvin, R., Maihofner, C., Kornhuber, J., & Reulbach, U. (2010). Non-right-handedness and Free Serum Testosterone Levels in Detoxified Patients with Alcohol Dependence. *Alcohol and Alcoholism, 45*(3), 237-240. doi: 10.1093/alcalc/agq014
- Spiteri, E., Konopka, G., Coppola, G., Bomar, J., Oldham, M., Ou, J., . . . Geschwind, D. H. (2007). Identification of the Transcriptional Targets of FOXP2, a Gene Linked to Speech and Language, in Developing Human Brain. *The American Journal of Human Genetics, 81*(6), 1144-1157. doi: 10.1086/522237
- Stephan, K. E., Fink, G. R., & Marshall, J. C. (2007). Mechanisms of hemispheric specialization: Insights from analyses of connectivity. *Neuropsychologia, 45*(2), 209-228. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.07.002
- Stroganova, T. A., Posikera, I. N., Pushina, N. P., & Orekhova, E. V. (2003). Lateralization of Motor Functions in Early Human Ontogeny. *Fiziologiya Cheloveka, 29*(1), 40-48.
- Sun, T., & Walsh, C. A. (2006). Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. *Nature Reviews Neuroscience, 7*(8), 655-662. doi: 10.1038/nrn1930
- Sur, M., & Leamy, C. A. (2001). Development and Plasticity of Cortical Areas and Networks. *Nature Reviews Neuroscience, 2*, 251-261.
- Tan, U., & Tan, M. (2001). Testosterone and grasp-reflex differences in human neonates. *Laterality, 6*(2), 181-192. doi: 10.1080/13576500042000151
- Tang, A. C., & Verstynen, T. (2002). Early life environment modulates 'handedness' in rats. *Behavioral Brain Research, 131*, 1-7.

- Tinajero, C., & Páramo, M. F. (1998). DIC y Procesamiento de la Información: El Origen de una Desventaja. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 51(3-4), 415-429.
- Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2003). Mapping brain asymmetry. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(1), 37-48. doi: 10.1038/nrn1009
- Vernes, S. C., Newbury, D. F., Abrahams, B. S., Winchester, L., Nicod, J., Groszer, M., . . . Fisher, S. E. (2008). A Functional Genetic Link between Distinct Developmental Language Disorders. *New England Journal of Medicine*, 359(22), 2337-2345.
- Weener, P., & van Blerkom, M. (1982). Dichhaptic Laterality and Fiel Dependence. *Brain Cognition*, 1(3), 323-330.
- Witkin, H. A., & Ash, S. E. (1948). Studies in Space Orientation IV. Further experiments on the upright with displaced visual fields. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 762-782.
- Witkin, H. A., Goodenough, D. R., & Oltman, P. K. (1979). Psychological differentiation: Current status. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37(7), 1127-1145.
- Zhang, L.-f. (2004). Field-dependence/independence: cognitive style or perceptual ability?—validating against thinking styles and academic achievement. *Personality and Individual Differences*, 37(6), 1295-1311. doi: 10.1016/j.paid.2003.12.015
- Zhou, K., Mo, L., Kay, P., Kwok, V. P. Y., Ip, T. N. M., & Tan, L. H. (2010). Newly trained lexical categories produce lateralized categorical perception of color.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(22), 9974-9978. doi:
10.1073/pnas.1005669107

Zoccolotti, P. (1982). Field Dependence, Laterality and the EEG: A Reanalysis of
O'Connor and Shaw. *Biological Psychology*, 15, 203-207.

8.- ANEXOS

Anexo I. Cuestionario de Antecedentes Personales

Cuestionario de Antecedentes Personales

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Zurdo / Diestro

Antecedentes Escolares

	Especifique
1.- Último grado académico	
2.- Carrera o especialidad	
3.- ¿Domina ud. algún idioma aparte del materno? (%)	

Antecedentes Médicos

		Especifique
4.- ¿Tiene ud. algún problema médico?	SI () NO ()	
5.- ¿Ha tenido ud. algún padecimiento neurológico?	SI () NO ()	
6.- ¿Ha estado bajo tratamiento psicológico o psiquiátrico?	SI () NO ()	
7.- ¿Esta ud. tomando algún medicamento?	SI () NO ()	
8.- ¿Consume ud. algún tipo de droga?	SI () NO ()	
9.- ¿Fuma?	SI () NO ()	
10.- ¿Consume bebidas alcohólicas frecuentemente?	SI () NO ()	
11.- Si es mujer ¿Toma ud. anticonceptivos?	SI () NO ()	
12.- ¿Tiene usted algún familiar zurdo? (subraye)	SI () NO ()	PADRE / MADRE / HERMANOS

Estilo de vida

		Especifique
13.- ¿Practica algún deporte?	SI () NO ()	
14.- ¿Realiza ud. alguna actividad artística?	SI () NO ()	
15.- Preferencia sexual		

Si a usted le interesa participar en un estudio sobre EEG le pido por favor complete la siguiente sección:

Nombre Completo:

Teléfono: _____ Email: _____

Horario en que podemos contactarlo para hacer una cita: _____

Anexo II. Prueba de Lateralidad de Annett.

Test de Annet

(Annet, M. The binomial distribution of right mixed and left-handedness. Q. J. Exp. Psychol. 1967, 61:303-321)

FECHA: _____ SUJETO: _____

Cuestionario 1

Pregunte qué mano utiliza para...

ACTIVIDADES	DERECHA	IZQUIERDA	OBSERVACIONES
1) Escribir una carta.			
2) Lanzar una pelota para golpear un blanco.			
3) Tomarías la raqueta para jugar tenis / ping-pong.			
4) Agarrar una escoba para barrer.			
5) Utilizar una pala.			
6) Prender un cerillo.			
7) Agarrar unas tijeras para cortar papel.			
8) Ensartar una aguja.			

Cuestionario 2

(Fue preparado para tener una mayor oportunidad de discriminar individuos mixtos de los que no lo son)

Pregunte qué mano utiliza para...

ACTIVIDADES	DERECHA	IZQUIERDA	OBSERVACIONES
1) Barajar un mazo de cartas.			
2) Clavar con un martillo.			
3) Sostener el cepillo dental mientras te cepillas.			
4) Abrir un frasco.			

(Annet, M. The binomial distribution of right mixed and left-handedness. Q. J. Exp. Psychol. 1967, 61:303-321)

FECHA: _____ SUJETO: _____

Lateralidad Observada

Observación de la mano usada en al menos 2 ocasiones

ACTIVIDADES	DERECHA	IZQUIERDA	OBSERVACIONES
1) Señalar algo			
2) Dibujar			
3) Lanzar una pelota			
4) Cortar con tijeras			
5) Abrir un frasco			

Por favor ejecute/realice las acciones que a continuación se le piden:

ACTIVIDADES	DERECHA	IZQUIERDA	OBSERVACIONES
1) Escribe tu nombre			
2) Usa las tijeras para cortar el papel con tu nombre			
3) Lanza / Patea un balón			
4) Toma el cepillo para lavar los dientes			
5) Clavarias con un martillo			
6) Enciende un cerrillo			
7) Baraja un mazo de cartas			
8) Ensarta una aguja con un hilo.			
9) Mira a través de un cilindro			

Anexo III. Cuestionario de lateralidad de Edinburgo.

Cuestionario de lateralidad de Edinburgo
(modificado)
(Oldfield, 1971)

FECHA: _____ SUJETO: _____

	Tarea	Respuesta		
		D	I	A
Primera parte - ¿Qué mano usa usted?				
1.	Para lanzar			
2.	Para escribir			
3.	Para dibujar			
4.	Para utilizar las tijeras			
5.	Para usar un cuchillo en tareas distintas a comer (cortar un hilo, afilar un lápiz)			
6.	Para comer con una cuchara			
7.	Para peinarse			
8.	¿Qué mano pone en lo alto del mango de una escoba?			
9.	¿Con qué mano desenrosca el tapón de un frasco?			
10.	¿Con qué mano toma un cerillo para encenderlo?			

Suma de los totales $\left(\frac{\quad}{22} \right) \times 100 = \quad$ % de dominancia lateral diestra