



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Efecto de Interferencia en Jóvenes con bajo
conocimiento ortográfico. Un estudio de Resonancia
Magnética Funcional.

Tesis

que para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

Alicia Martínez Ramos

Comité tutorial

Dra. Fabiola Reveca Gómez Velázquez (Directora)

Dra. Maribel Perú Cebollero (Codirectora)

Dr. Félix Héctor Martínez Sánchez

Dr. Andrés A. González Garrido

Un agradecimiento especial para el Dr. Rubén Bañuelos Acosta, quien gracias a su gran interés por la ciencia, nos permitió el uso de sus instalaciones, le agradecemos infinitamente pues de otra manera no hubiese sido posible llevar a cabo este proyecto.

Al Técnico Valentín Torres por su disposición, paciencia y buen humor gracias por tu tiempo y por hacer más agradable nuestro trabajo cada domingo.



Agradecimientos

A mi Madre, mi hermana y sobrino que siempre me apoyan de una u otra manera, en las buenas y en las malas.

A Rut, mi compañera y amiga por aguantar todo lo bueno y lo malo, gracias por los ánimos constantes, por escucharme, pero más que nada por tu actitud positiva gracias por contagiarme cada día de ella.

A mi directora de Tesis, Dra. Fabiola Gómez Velázquez por haber aceptado realizar juntas este trabajo, que para mí ha sido toda una aventura, gracias por su gran disposición a enseñarme y asesorarme, he aprendido mucho.

A mi codirectora de Tesis, Dra. Maribel Però Cebollero, por su asesoría constante por el apoyo que recibí en todo momento, por ayudarme a organizar las ideas (que tanto me cuesta) y sobre todo por los ánimos cuando sentí que no lo lograba, muchas gracias.

A los miembros del comité tutorial, Dr. Héctor Martínez y Dr. Andrés González Garrido por la revisión constante y retroalimentación a este trabajo, por ayudarnos a ver detalles que a veces no logramos observar.

Al laboratorio de Neurofisiología Clínica, compañeros (los que están y los que ya egresaron), a todos gracias porque en poco tiempo me hicieron sentir como en casa y por siempre estar dispuestos a ayudar, extrañaré los constantes festejos con pastel que me encantan.

A los jóvenes que participaron, por su entusiasmo y disposición sobre todo para madrugar los domingos, sin ellos este trabajo no hubiera sido posible, en especial a mis sobrinos Arturo y Carmen que estuvieron dispuestos a participar (tanto que se convirtieron en voluntarios expertos en estudios de resonancia) y por ayudarme a motivar a sus amigos y compañeros.

A la Universidad de Barcelona por recibirme en sus instalaciones, en especial Al Dr. Joan Guàrdia i Olmos, gracias por la asesoría y enseñanzas, por ayudarme con un objetivo más en mi vida profesional, gracia por la confianza.

A la Universidad de Guadalajara, al Instituto de Neurociencias y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca brindada y la gran oportunidad. Gracias.

Contenido

Resumen	5
Abstract.....	7
Introducción.....	8
1.1 Desarrollo lector.....	12
1.1.1 Modelo de doble ruta	13
1.1.2 Adquisición lectora y características ortográficas de la lengua	14
1.2.2 Automatización lectora y su relación con el conocimiento ortográfico	17
1.2.3 Dificultades lectoras en adultos.....	19
1.2.4 Dificultades de lectoescritura y su relación con funciones ejecutivas.	21
1.4 Hallazgos neurofuncionales	28
1.4.3 Resonancia Magnética y Efecto Stroop.....	28
1.4.2 Resonancia Magnética y Lectura.....	32
1.4.1 Resonancia magnética funcional	35
1.4.1.1 Principios Físicos.....	36
1.4.1.2 Estados de relajación	38
1.4.1.3 Metabolismo y respuesta hemodinámica de la actividad cerebral.	39
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	43
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	47
4. HIPOTESIS GENERAL.....	48
5. METODOLOGÍA	50
5.1 Participantes.....	50
5.1.1 Selección de la muestra	50
5.2 Materiales e instrumentos	51
5.3 Procedimiento	55

5.4	Datos de adquisición de imagen	60
5.5	Análisis de datos.....	61
6.	RESULTADOS.....	62
6.1	Resultados Demográficos y ejecución lectora	62
6.2	Resultados conductuales de las tareas experimentales con el registro de imagen funcional (IRMf).	63
6.3	Resultados Neuroimagen Funcional.....	67
6.3.1	Análisis intra-grupo por condición	68
6.3.2	Activaciones de cada condición por grupo.	76
6.4.3	Análisis entre condiciones intragrupo	84
7.	Discusión	94
8.	Conclusiones.....	106
9.	Consideraciones éticas.....	112
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXO	130

Resumen

La lectura y la escritura son dos procesos de gran complejidad que posee el ser humano, ambos se consideran habilidades no naturales que requieren de un proceso de enseñanza – aprendizaje sistemático y de la participación de un gran número de procesos cognitivos, desde el uso de procesos básicos como la percepción hasta los de mayor complejidad como las funciones ejecutivas. Estas habilidades, además, son influidas por las características ortográficas de la lengua, en ortografías transparentes como el idioma español se observa una menor dificultad para adquirir la decodificación, incluso en niños con dificultades en lectura como dislexia, quienes, sin embargo, muestran lenta velocidad de lectura y un mayor número de errores ortográficos, características que actualmente se consideran importantes predictores en nuestro idioma, que a su vez forman parte de la adecuada automatización de este proceso.

Algunos autores han propuesto, que el proceso de automatización lectora está estrechamente vinculado con la habilidad para almacenar en memoria las representaciones de la forma escrita de la palabra, lo que permite el adecuado desarrollo del proceso lector y la eficiente recuperación de palabras, tomando en cuenta esto, se ha planteado una posible relación entre este proceso de automatización y las Funciones Ejecutivas, específicamente, el control inhibitorio.

Por tanto, en este estudio se intentó aportar información a esta relación, analizando las diferencias de activación neuronal ante dos tareas de control inhibitorio, entre sujetos con alto y bajo rendimiento ortográfico, en los que además, se observó una lenta velocidad lectora por lo que se pudieran considerar sujetos con dificultades de lectura no diagnosticados. Como resultados, conductualmente el grupo bajo presentó mayores tiempos de reacción en las dos tareas de interferencia administradas, lo que es similar a lo reportado en otros estudios, en los cuales se ha relacionado con un probable

déficit en inhibición. En relación con los hallazgos neuronales, en este grupo se observó un mayor uso de áreas subcorticales y cerebelares, lo cual se considera un probable mecanismo de compensación, debido a las dificultades en el reconocimiento de palabras aunado a fallos en el control inhibitorio, estas activaciones se encontraron tanto en tareas de interferencia que implicaron lectura como aquellas que no implicaban el proceso lector, por lo cual, se asume que tal déficit involucra una red más extensa, relacionada con procesos atencionales. Sin embargo, aunque sabemos que existen diferencias neurofuncionales significativas entre ambos grupos, estas aun requieren de mayor investigación que permitan explicar de manera clara la relación entre lo conductual y la actividad neurofuncional.

Abstract

Reading and writing are considered complex processes in humans, both require a systematic teaching – learning process and the participation of many cognitive abilities, including basic process like perception to higher level process as Executive Functions. These Abilities are influenced for the orthographic features of each language. In consistent orthographies as Spanish, observed a lower difficulty to achieve decoding words even in children with Reading disorders, however show slow Reading speed and greater orthographic difficulties, currently these characteristics are considered important predictors in our language, which are part of a Reading process automation.

Some authors have proposed that reading process automation is linked to the ability to store, in long-term memory, representations of the written form of the word that allow the process of reading and efficient recovery of the written form of the Word. For that reason has been proposed a possible relation between automation and Executive Function, specifically, inhibition.

Therefore, in these study we try to provide information about these relation, analyzing the difference of neuronal activation in two inhibition tasks, in subjects with low and high performance spelling, furthermore, in this subjects we observed slower Reading speed, so it could be considered subjects with reading difficulties undiagnosed. Low group showed slower reaction time in both interference tasks, these results are similar to other research, in which, it has been linked to a possible inhibition deficit. In the same group neuronal findings show more sub cortical and cerebellar activations as a probable compensation mechanism due to the difficulties for Word recognition and deficit in inhibitory control, these activations were found in interference tasks involving reading and those that did not involve this process, so it is assumed that could be a deficit that involve an extensive neural region related with attentional processes. However, although we know there are significant neuro functional differences between both groups further research is needed to enable explain the relation among behavioral information and neurofunctional activity.

Introducción

Los sistemas de escritura se han convertido en una forma de conservar, acumular y transmitir el conocimiento cultural a través del tiempo, lo cual era poco factible desde el lenguaje oral (Wang, 1991., Herrera, 2005, p. 9).

La escritura generalmente es la última de las habilidades del lenguaje a desarrollar y está influida en gran medida por el lenguaje oral, auditivo y por supuesto por la lectura, gran parte de lo que escribimos durante las distintas etapas del proceso de adquisición está mediado por lo que leemos, por lo cual se considera que estos dos procesos están sumamente relacionados (Hall, 2009).

En los últimos tiempos se ha sugerido que el desarrollo de estas habilidades se produce de manera distinta en los diferentes sistemas ortográficos y que recibe una gran influencia del ambiente lingüístico dentro del cual se desarrolla el sujeto (Müller & Brady, 2001; Serrano & Defior, 2004). Sugiriendo, por ejemplo, que en ortografías transparentes los niños tienen menor dificultad para lograr la decodificación fonológica (necesaria para la lectura), incluso niños con dificultades en la adquisición de la lectura y escritura, logran compensar rápidamente el número de errores en decodificación, sin embargo, mantienen un déficit específico en velocidad, que no logra ser compensado a lo largo de la instrucción escolar (Landerl, Wimmer, & Frith, 1997), este déficit específico en la velocidad lectora se considera actualmente como un factor importante en el estudio de las dificultades lectoras en las ortografías transparentes como el español, alemán, italiano, etc.

Durante el desarrollo normal de este proceso, una vez que el niño adquiere el código alfabético y logra una decodificación adecuada, comienza a integrar un gran número de palabras en la memoria visual a largo plazo, de esta manera, el niño logrará leer las palabras accediendo a estos almacenes y podrá recuperar de manera rápida y eficiente sus características fonológicas, semánticas y ortográficas (Ehri, 2005). Lo que permitirá el desarrollo de una

lectura eficaz, además de la recuperación adecuada de información sobre la forma escrita de la palabra. Esto representa un avance en el reconocimiento automático de palabras, que a su vez, permitirá el incremento de la velocidad lectora, la comprensión del texto, construcción del significado y la crítica de lo que se lee (Gómez-Velázquez, et al, 2014).

Sin embargo, un gran número de niños presentan serias dificultades para leer y escribir, así como para desarrollar los procesos que permitirán la adecuada automatización del reconocimiento de las palabras, por lo que les requiere un doble esfuerzo.

Actualmente se sabe que a pesar de que existe cierto grado de compensación tanto en lectura como escritura, hay alteraciones residuales que permanecen hasta la edad adulta (Beaton, McDougall & Singleton, 1997; Bruck, 1990; Hatcher, Snowling & Griffiths, 2002; Richlan, Kronbichler & Wimmer, 2011; Shaywitz et al. 1999).

Alteraciones que ocurren probablemente, por el inadecuado desarrollo o deficiente acceso a los almacenes mnémicos, en donde se guardan las características ortográficas de las palabras y que son necesarios para el reconocimiento automático de las mismas. Tal alteración se refleja en una lenta velocidad lectora, fallos fonológicos, deficiente reconocimiento ortográfico (Hatcher, et al, 2002) y errores de escritura, principalmente errores en ortografía arbitraria (Gómez- Velázquez, et al, 2014), que podrían reflejar un ineficiente acceso a los almacenes ortográficos que contienen la forma visual de las palabras.

En algunas investigaciones se ha relacionado la deficiente automatización tanto en escritura y lectura con un posible déficit en Funciones Ejecutivas (FE; Swanson & Ashbaker, 2000). Bajo esta premisa, se sugiere que las FE podrían estar coordinando la integración de información visual y lingüística, así como su recuperación automática desde la memoria mientras se aprende a leer, específicamente se considera que la inhibición juega un rol importante en este

proceso de recuperación de información (Alzheimer, Abbot & Berninger et al. 2008; Ribaupeyre, 2002).

Una de las tareas que más se ha utilizado para evaluar atención e inhibición es la tarea de Stroop. En sujetos con dificultades en lectura es utilizada como un posible indicador del grado de automatización lectora (Logan, 1997; Protopapas, Archonti & Skaloumbakas, 2006; Samuels & Flor, 1997). En la ejecución de esta tarea se espera un incremento en el tiempos de reacción en la parte de interferencia (cuando el sujeto debe ignorar el significado de la palabra y responder al color de la tinta), una persona que posee una lectura automática tardará más tiempo en responder puesto que, inhibir el proceso automático de leer para atender a un proceso menos automatizado como la denominación del color, tendrá un costo en términos de tiempo de reacción (MacLeod, 1991; Proulx & Elmasry, 2014).

Por tanto, en sujetos con una menor automatización de la lectura, no necesariamente se produce un efecto de interferencia del significado de la palabra sobre la denominación del color, por lo que los tiempos de reacción pudieran ser menores. Sin embargo, algunos estudios sugieren que los sujetos con dificultades lectoras presentan tiempos de respuesta más lentos comparado con sujetos controles (Everatt, Warner, Miles & Thomson, 1997; Faccioli, Peru, Rubini & Tassinari, 2008; Helland & Asbjornsen, 2000; Protopapas et al. 2006; Proulx & Elmasry, 2014). Asumen que esto ocurre porque los malos lectores se ven obligados a leer las palabras ya que no logran un adecuado control inhibitorio, por lo que realizan un doble esfuerzo y por tanto utilizan mayores tiempos de reacción, como consecuencia, presentan una mayor interferencia que en los sujetos normales (Faccioli et al. 2008; Proulx & Elmasry, 2014).

Los estudios en cuanto a las Funciones Ejecutivas y las dificultades lectoras aún son contradictorios, a pesar del incremento en el número de estudios conductuales que reportan la deficiente ejecución de sujetos con dificultades en lectoescritura en tareas como memoria de trabajo, fluidez verbal y

control inhibitorio, en realidad conocemos poco sobre ellos y contamos aun con menor información sobre los correlatos neurales de las FE (Sun, et al, 2011) en este tipo de sujetos.

Una de las interrogantes en los hallazgos sobre la inhibición en tareas tipo Stroop en sujetos con dificultades lectoras, se relaciona con el tipo de estímulos que se utilizan en las pruebas, los cuales son principalmente palabras, es decir, se cuestiona si las dificultades en las FE que implican lectura, se relacionan con un procesamiento específico del lenguaje o los sujetos son lentos y presentan mayor interferencia por problemas con el desarrollo del control atencional general (Brosnan et al. 2002; Faccioli et al. 2008).

En línea con esta idea y tratando de aportar información que ayude a esclarecer las dificultades observadas en los sujetos disléxicos, ante tareas de Stroop, se explora el rendimiento y la activación neurofuncional ante dos tareas de interferencia –una con implicación lectora y otra sin implicación de lectura de palabras- en adultos jóvenes con bajo y alto rendimiento ortográfico, principalmente con el uso de pseudohófonos. El conocimiento ortográfico deficiente es una característica que es considerada relevante en el estudio de la automatización lectora y que no logran ser compensadas en la etapa adulta. El deficiente conocimiento ortográfico fue además correlacionado *a posteriori* con el rendimiento lector, en particular con la velocidad lectora, con la intención de confirmar la relación entre estos dos procesos.

La meta principal fue observar las diferencias neurofuncionales entre ambos grupos principalmente en áreas de la corteza prefrontal (específicamente en Corteza Cingulada anterior), ya que se ha demostrado con sujetos sanos la participación de dichas áreas en tareas de control inhibitorio en varios estudios de neuroimagen.

1.1 Desarrollo lector

Aprender a leer es pues uno de los principales objetivos de los primeros años escolares, algunos autores sugieren que la adquisición de este proceso ocurre básicamente en tres etapas; una primera etapa en la cual el niño reconoce las palabras escritas de forma logográfica, estrategia con la cual el niño solo identificaría palabras conocidas y podría fallar al modificar algún rasgo irrelevante de las grafías de la palabra (Gough, Juel & Griffith, 1992). En la segunda etapa denominada etapa Alfabética el niño desarrolla estrategias de decodificación fonológica e incrementa la precisión visual en la lectura de palabras (Herrera, 2005). Y finalmente, una tercera etapa llamada Etapa Ortográfica, donde de acuerdo a Frith (1986), lo fundamental es el reconocimiento morfémico, es decir, el niño desarrolla las estrategias necesarias para comparar la forma ortográfica de la palabra escrita con las diferentes representaciones que tiene almacenadas en su léxico ortográfico; este proceso es el responsable de que se lleve a cabo la pronunciación y escritura correcta de una palabra.

Además de la adquisición del código alfabético el niño requiere de otros aspectos cognitivos y lingüísticos, por lo que la literatura científica señala cuatro procesos implicados: el desarrollo de habilidades perceptivas, que permitirán la identificación de los signos gráficos, el proceso léxico el cual se refiere a la forma en que el lector accede a toda la información fonológica, semántica y ortográfica de la palabra y finalmente los procesos sintácticos y semánticos necesarios para conocer la estructura gramatical del lenguaje y extraer el significado, lo que permite realizar predicciones sobre lo leído, así como integrar información nueva a los conocimientos previos (Herrera, 2005, Cuetos, 1996; Defior, 1996).

1.1.1 Modelo de doble ruta

Diversos modelos teóricos han intentado explicar la adquisición del proceso lector. Uno de los que más ha aportado al conocimiento, no sólo del desarrollo de la lectura sino también de sus alteraciones es el modelo de doble ruta; el cuál propone la presencia de dos vías, la primera, es principalmente la encargada del reconocimiento visual de las palabras, dicho reconocimiento consiste en localizar una palabra conocida dentro de un lexicón mental que posee tres tipos de información de las mismas, deletreo, pronunciación y significado, lo que permite al sujeto no sólo reconocer la palabra escrita sino posteriormente leerla correctamente, esta forma de lectura se conoce como procedimiento léxico para la lectura en voz alta (Coltheart,1978). En investigaciones neuropsicológicas de pacientes con alteraciones del lenguaje se ha dividido dicho lexicón mental en tres tipos, uno ortográfico que contiene la información visual de las formas, un lexicón fonológico que representa el conocimiento acerca de la pronunciación de las palabras y finalmente un sistema semántico que almacena información sobre el significado de las palabras (Coltheart, 2006). Sin embargo, cuando leemos una palabra desconocida o poco familiar no se utiliza dicho lexicón mental puesto que no tendremos una representación previa de la palabra, por lo que es necesaria la intervención del proceso de conversión grafema - fonema, el cual integra la vía no léxica de la lectura en voz alta (Parkin, 1999.)

Por lo tanto, un lector experto desarrollará ambas vías, los niños al inicio de la adquisición lectora utilizarán en mayor medida la vía no léxica o subléxica, sin embargo, conforme poseen mayor habilidad utilizan con más frecuencia la vía léxica, situación que representará un avance en el reconocimiento automático de palabras, con un consecuente incremento en la velocidad lectora.

Incluso algunos autores plantean que el logro de este reconocimiento automático está vinculado con la capacidad de almacenamiento de las palabras en memoria a largo plazo, es decir, una vez que el niño logra adquirir el código alfabético, podrá realizar la conexión entre letra, sonido y pronunciación de una

palabra y almacenar esta información, lo que a su vez, les permitirá el almacenamiento de palabras nuevas. Por tanto, con la práctica todas las palabras podrán ser leídas automáticamente (accediendo a memoria) sin necesidad de la decodificación fonológica, y al mismo tiempo le permitirá recuperar información sobre la forma escrita de la palabras, esto, representa la forma más eficiente de lectura (Ehri,2005) y contribuye directamente con la escritura de palabras, a su vez, favorecerá la comprensión del texto, la construcción de significado, la reflexión y la crítica de lo que se lee (Gómez-Velázquez, et al. 2014).

1.1.2 Adquisición lectora y características ortográficas de la lengua

Como se ha comentado en el desarrollo de las habilidades de lectoescritura, las características ortográficas de la lengua juegan un rol importante, se sugiere, por ejemplo que en lenguas con ortografía transparente en donde los niños aprenden una organización silábica simple y una alta consistencia letra-sonido, como ocurre en el idioma italiano, griego y español, adquieren rápidamente habilidades de decodificación y por tanto, aprenden a leer con rapidez una vez que reciben una instrucción explícita basada en la adquisición de la correspondencia grafema-fonema (Goswami, 2008).

Para demostrar la variabilidad con la que los niños pueden adquirir estrategias de decodificación en dependencia de las características de su lengua, Seymour, Aron & Erskine (2003) compararon lectura de palabras y no palabras en niños en proceso de la adquisición lectora, su resultados sugieren que la eficiencia de la decodificación grafema-fonema alcanza su máximo nivel durante el primer año de enseñanza en la mayoría de las lenguas Europeas; por tanto, los niños que aprenden a leer en lenguas como Alemán, Español y Griego logran decodificar palabras y no palabras con una eficiencia del 90%, sin embargo, niños que aprenden en lenguas como Francés, Danés y Portugués obtuvieron resultados menos eficientes (que oscilan entre el 80 y 70% de

palabras correctas) por lo cual concluyen que el nivel de eficiencia obtenida podría ser el resultado de la consistencia ortográfica de su idioma. Por ende se plantea que la velocidad y la secuencia del desarrollo fonológico está sujeta a variaciones relacionadas con factores lingüísticos (Snowling & Gobel, 2011). Estudios como este sustentan la idea de que el aprendizaje y adquisición del código alfabético estará directamente relacionado con las características ortográficas.

1.2.1. Déficit lector y su relación con velocidad Lectora

Actualmente sabemos que existe un gran número de niños con serias dificultades para aprender a leer y escribir, y como se comentó en el apartado anterior, se sugiere, la existencia de diferencias en el desarrollo lector dependiendo de las características ortográficas de la lengua en la que se encuentran inmersos, parece asociarse también con diferencias en las características de las dificultades lectoras. Autores como Wimmer, Landerl, & Frith (1997) argumentan que si la conversión grafema-fonema es consistente, incluso los niños con dificultades, logran compensar los problemas iniciales en decodificación fonológica, por lo que al contrario de lo que ocurre en ortografías opacas, cometerán menos errores de precisión, sin embargo, dicha decodificación será muy lenta y realizada con mucho esfuerzo (Goswami, 2008).

Considerando estas diferencias en la actualidad existe suficiente evidencia sobre personas con deterioro severo en la lectura que presentan un déficit importante en la velocidad de denominación de palabras, sugiriendo que esta alteración ocurre por un déficit en los procesos subyacentes al reconocimiento rápido de la palabras, que a su vez permite el acceso a almacenes lexicales para la recuperación de estímulos lingüísticos presentados visualmente. Mecanismo que permite la automatización del proceso de lectura y escritura.

Respecto a esto Wolf & Bowers (1999), proponen que los déficits fonológicos y los subyacentes a la velocidad de denominación son dos aspectos independientes en las dificultades lectoras. Conceptualizan además, a la velocidad de denominación como el producto final de un conjunto de procesos de bajo nivel (perceptuales, atencionales, articulatorios y procesos de recuperación léxica) así como procesos cognitivos de alto nivel y procesos lingüísticos.

Por lo que plantean la existencia de distintos tipos de dislexia caracterizadas ya sea por una alteración en conciencia fonológica, en velocidad de denominación o en ambos procesos que dará como resultado alteraciones de la lectura de mayor gravedad y severidad (Miller et al., 2006).

Si bien, esta teoría ha sido utilizada principalmente para describir población infantil con dificultades lectoras, los pocos estudios que se ha realizado con adultos encuentran que a pesar de los procesos compensatorios, las dificultades en velocidad de denominación y de lectura persisten hasta la edad adulta (Miller et al., 2006; Vucovik, Wilson & Nash, 2004) por tanto, se ha sugerido que la velocidad de denominación también puede ser un importante factor predictor para medir la eficiencia de la lectura (Newhaus & Swank, 2002; Torgesen, Wagner, Rashotte, Burgess, & Hecht, 1997; Gómez-Velázquez, et al., 2010).

Esta hipótesis conocida como “hipótesis del doble déficit” parte de la teoría del procesamiento automático, propuesto por estudios como los de Denckla y Rudel (1976), quienes por primera vez ponen de manifiesto los problemas de los sujetos con dificultades lectoras -específicamente niños con dislexia- con la denominación rápida de letras, dibujos y colores. En general, se habla de un proceso automatizado cuando se puede realizar rápidamente, sin intentos conscientes y con poco esfuerzo, lo cual permite el desarrollo simultáneo de otras tareas a un menor costo cognoscitivo.

Por tanto, se plantea que los niños que no alcanzan una adecuada fluidez en la lectura, por definición tampoco han alcanzado una automatización de ésta, sin embargo, pueden o no presentar dificultades en la eficiencia lectora, esto dependerá de las características del sistema ortográfico de su idioma, pero a pesar de la presencia de pocos errores al leer, no logran realizar este proceso con la suficiente rapidez para ser considerados buenos lectores (Van der Leij & Van Daal, 1999).

Así pues, se asume que la lenta velocidad en denominación de palabras pudiera ser consecuencia de un déficit en los procesos que permiten la automatización lectora, lo que impide a los sujetos acceder y recuperar rápidamente y sin esfuerzo información lingüística (fonológica, semántica y ortográfica).

1.2.2 Automatización lectora y su relación con el conocimiento ortográfico

El conocimiento ortográfico puede definirse como la habilidad de los individuos para almacenar en memoria los patrones ortográficos de las palabras, lo que les permite escribirlas sin errores homófonos o detectar la presencia de éstos (Gómez-Velázquez, et al, 2014).

Respecto a la relación entre el déficit lector y el conocimiento ortográfico existe evidencia empírica que demuestra altas correlaciones entre lectura de palabras e integración ortográfica (Ehri, 1997). En general se describe un deficiente conocimiento ortográfico en los sujetos con dificultades de lectura, reportando variaciones dependientes del grado de transparencia de la lengua.

Landerl (2001) por ejemplo, encontró que los niños disléxicos de una ortografía transparente (alemán) cometían más errores al escribir, que sus controles, en su mayoría escribían palabras fonológicamente correctas pero con

escritura ortográfica incorrecta, argumentando que esto ocurría porque dichos sujetos no eran capaces de desarrollar un lexicón extenso que les permitiera el rápido acceso a las representaciones ortográficas.

Señala por tanto, que el déficit en escritura ortográficamente correcta puede considerarse una característica esencial en los trastornos de la lectoescritura, específicamente en la dislexia y sugiere una estrecha relación entre fallos ortográficos y disminución en velocidad de denominación de palabras, puesto que la velocidad de denominación fue el déficit cognitivo prominente en esta población. Recientemente en otro estudio realizado por Landerl et al (2009), se reportó evidencia sobre la velocidad de denominación evaluada a través del RAN sugiriendo que esta tarea refleja la velocidad de acceso desde los símbolos visuales hasta el sistema de salida fonológica. Lo que apoya la hipótesis de un único mecanismo que afecta tanto a la velocidad como a las habilidades de reconocimiento ortográfico.

En estudios anteriores Nikolopoulos et al (2006) encuentra una alta correlación entre lectura y aspectos ortográficos conforme avanza el grado escolar, por lo que sugieren que la asociación entre velocidad de lectura y conocimiento ortográfico pudiera incluso incrementarse a través del tiempo.

Por su parte Berninger et al (2008) propone que si la dislexia es el resultado de un deterioro en la integración automática de códigos verbales y ortográficos entonces las tareas correspondientes a denominación rápida de palabras y escritura rápida de letras deberían encontrarse en el mismo factor. En sus resultados, reporta que efectivamente, ambas tareas son ubicadas en un solo factor, reportando un factor de automaticidad que ejerce cierta influencia sobre las habilidades de conocimiento ortográfico en niños y adultos con dificultades lectoras. Realiza además la evaluación de algunas funciones ejecutivas, proponiendo que tanto la inhibición como la fluidez verbal influyen

en la automatización de habilidades de escritura en los niños con déficit en lectura.

1.2.3 Dificultades lectoras en adultos

Las dificultades de lectoescritura no son exclusivas de la etapa infantil, se ha observado que aunque ciertos déficits de lectura y escritura logran ser compensados con un adecuado tratamiento, hay alteraciones residuales que persisten hasta la etapa adulta (Beaton, McDougall, & Singleton, 1997; Bruck, 1990; Shaywitz et al., 1999).

Undheim (2009) por ejemplo, reporta que a pesar de la existencia de un entrenamiento previo para la mejora de habilidades de lectura y escritura la mayoría de los individuos diagnosticados con dislexia en la infancia presentarán en la etapa adulta una lentitud lectora y una lucha constante con los errores ortográficos. Aunado a esto, se observan fallos en distintos procesos cognitivos como lenta velocidad de procesamiento y dificultades en memoria a corto plazo (Hatcher, Snowling & Griffiths, 2002).

De esta manera y con el objetivo de caracterizar las dificultades lectoras y encontrar herramientas para su detección en adultos jóvenes, se han llevado a cabo diversos estudios que permitan la creación de pruebas eficaces con las que sea posible discriminar a aquellos sujetos con dificultades. En un estudio realizado con estudiantes universitarios Hatcher, Snowling, y Griffiths (2002), reportan que el 95% de los sujetos podían ser clasificados en base a tareas ortográficas, lectura de palabras, tareas verbales para memoria a corto plazo, velocidad en lectura y escritura, por tanto sugieren que para la detección de adultos con dificultades lectoras no es necesario utilizar una amplia batería de pruebas ya que los déficits que permanecen son específicos y están

relacionados principalmente con conocimiento ortográfico, lectura y memoria verbal.

En línea con estas investigaciones, Re et al (2011) realizó un estudio en sujetos universitarios, sus resultados demuestran una mayor sensibilidad en todas las tareas de lectura, escritura y de conocimiento ortográfico, con lo cual confirman que en las lenguas con ortografía transparente las medidas de automaticidad son el mejor indicador de las competencias lectoras particularmente en adultos.

De manera similar Tops et al (2012), como resultado de un estudio realizado en más de 200 sujetos de educación superior, sugiere que las tareas que mejor discriminan a adultos jóvenes con dificultades de lectura son: lectura de palabras, conocimiento ortográfico de palabras y tareas dirigidas a conciencia fonológica, pero además, reportan que la tarea en la cual los sujetos con dificultades lectoras requieren de mayor tiempo es en la identificación de ortografía correcta de las palabras, de esta manera, confirman la permanencia de dificultades de lectura y escritura en la edad adulta, detectadas a través de los aspectos ortográficos.

Al mismo tiempo, Warmington, Stothard & Snowling (2013) sugieren que los sujetos con dificultades lectoras presentan fallos principalmente en habilidades de síntesis, lectura, conocimiento ortográfico y comprensión.

Las investigaciones hasta aquí mencionadas fortalecen la hipótesis de que los rasgos característicos de los adultos con dificultades lectoras son aquellas relacionadas con fluidez lectora y conocimiento ortográfico, principalmente en lenguas con ortografía transparente, con ello se confirma la importancia de la automaticidad lectora como un factor predictor.

Debemos considerar que las alteraciones mencionadas generan consecuencias importantes, puesto que la mayoría de los estudiantes jóvenes con estas dificultades muestran bajo rendimiento escolar y en su intento por compensar sus dificultades realizan un doble esfuerzo que les toma más tiempo comparado con el resto de sujetos de su edad, generándoles mayores niveles de estrés (Undheim, 2009), problemas a nivel académico y emocionales como pérdida de confianza en sí mismos, baja autoestima e incremento en los niveles de frustración, lo cual suele afectar aún más su rendimiento (Hatcher, Snowling & Griffiths, 2002).

1.2.4 Dificultades de lectoescritura y su relación con funciones ejecutivas.

La deficiente automatización tanto en lectura como escritura se ha relacionado con un posible deterioro en las Funciones ejecutivas (FE) (Swanson, 2000). Planteando que estos individuos podrían presentar fallos en organización, automatización e integración de múltiples procesos, por lo que realizan con serias dificultades tareas de funciones ejecutivas principalmente aquellas vinculadas con inhibición y flexibilidad cognitiva (Berninger et al., 2006; Brosnan et al., 2002; Denckla, 1996; Helland & Asbjornsen, 2000; Kelly, Purvis & Tannock, 2000).

Actualmente las funciones ejecutivas se definen como un conjunto de habilidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz (Lezak, 1998), que abarcan una serie de procesos cognitivos entre los que destacan la anticipación, selección de objetivos, planificación, selección de la conducta, autorregulación y autocontrol (Sohlberg & Mateer, 1989).

Dichas FE están integradas por distintos componentes cognitivos; de acuerdo a Miyake et al. (2000) existen 3 componentes básicos, inhibición, flexibilidad mental y actualización en memoria de trabajo. Actualmente la mayoría de los investigadores coinciden en que la inhibición es una de las

funciones ejecutivas primarias que precede y permite el desarrollo de otras FE (Barkley, 1997; Carlson & Moses, 2001).

Como podemos observar este proceso es sumamente complejo y vital para la adaptación de los sujetos, por lo que se ve involucrado en distintos aspectos cognitivos y procesos de aprendizaje complejos. Como se mencionó al inicio de este apartado, algunos autores actualmente plantean que estas Funciones pudiesen estar relacionadas con el desarrollo normal de la lectura y la escritura.

Diversos estudios han intentado aclarar esta relación, por ejemplo, desde 1989 Kelly, como resultado de diversas evaluaciones de FE a niños de 12 años de edad con y sin dificultades lectoras, a quienes les administro tareas como Wisconsin Card Sorting Test, Stroop y de Fluidez Verbal, sugirió una relación estrecha entre corteza prefrontal y dificultades lectoras, reportando que los procesos con mayor alteración en estos sujetos son la fluidez verbal y la inhibición, así como algunas alteraciones en atención sostenida, inhibición y flexibilidad mental, proponiendo que estas pruebas dirigidas a evaluar áreas prefrontales pudieran ayudar al esclarecimiento de las dificultades lectoras y las diversas características de los sujetos que presentan esta alteración.

En otros estudios se han comparado distintos subtipos de dislexia y su rendimiento en FE. Schoot, et al (2000), comparó niños con un adecuado desempeño en velocidad lectora pero ineficiente decodificación, contra niños con lenta velocidad de lectura y eficiente decodificación, evaluaron algunos aspectos de función ejecutiva como inhibición, interferencia y planeación mediante pruebas como Stroop y Torre de Londres, en base a lo cual reportaron, que los niños con ineficiencia lectora presentaban dificultades en tarea de inhibición y planeación obteniendo un mayor número de errores comparado con los sujetos que presentaron únicamente lentitud lectora. Sugiriendo que el nivel de afectación en ciertos componentes de las FE se vincula con las características y gravedad de la dificultad en lectoescritura. De tal manera, que los niños que

presentan mayor dificultad para establecer una adecuada automatización lectora, al mismo tiempo pudieran presentar dificultades para establecer adecuadamente otros procesos como atención ejecutiva (Faccioli et al, 2008).

Como podemos ver hasta este punto, se intenta establecer la relación entre lectura, escritura y funciones ejecutivas, sin embargo, los sujetos con dificultades en estas áreas no presentan un deterioro uniforme, por lo que no ha sido posible definir qué áreas del funcionamiento ejecutivo se encuentran deterioradas, además, se han encontrado diversas discrepancias en los resultados, incluso utilizando pruebas similares, los hallazgos son distintos. Algunos autores consideran que estas diferencias pueden originarse por la amplia variedad de tareas que han sido utilizadas para evaluar y por la diversidad en los criterios de selección de los sujetos (Booth et al, 2010) .

Se ha propuesto que las Funciones Ejecutivas pudieran estar implicadas en la integración de habilidades visuales y lingüísticas, así como en la recuperación automática de información lingüística, que como podemos recordar, el desarrollo de estas habilidades permite el reconocimiento rápido de palabras y por ende la generación de almacenes léxicos, lo que nos permite desarrollar de manera eficiente y automática el proceso de lectura y escritura. Por lo que se plantea la posibilidad de que un trastorno en los sistemas de control ejecutivo pudiera influir tanto en el rendimiento cognoscitivo general, como en el desarrollo de éstas habilidades relacionadas al aprendizaje de la lecto-escritura, específicamente con el establecimiento de su automatización (Gómez-Velázquez et al, 2002).

En este sentido Alteimer, Abbot & Berninger (2008) proponen, que estas habilidades involucran procesos específicos como control inhibitorio, que afecta tanto a la codificación como a la recuperación de información, es decir, la eficiente recuperación de información fonológica, puede verse afectada por la dificultad para suprimir la información irrelevante que permite la búsqueda y recuperación rápida de la respuesta de interés. En síntesis, plantean que para el

desarrollo y establecimiento de la capacidad de acceso a la memoria que permite recuperar información lingüística, se requiere de una gran participación del control inhibitorio.

Siguiendo esta relación entre automatización lectora y control inhibitorio, encontramos que autores como Protopapas, Archonti & Skaloumbakas (2006), con el objetivo primordial de observar y explicar las probables relaciones entre dificultades lectoras y FE, realizaron un estudio en niños de sexto a octavo grado de primaria diagnosticados con dislexia, a quienes les aplicaron una tarea tipo Stroop; el objetivo fue determinar si el efecto de interferencia era positivo o negativo, esperando encontrar una relación entre el efecto de interferencia y la dificultad lectora que presentan los sujetos. Sus hallazgos reportan una mayor interferencia en los sujetos con dificultades lectoras, lo que asocian con un pobre control cognitivo que repercute en una reducción del proceso de inhibición (Protopapas, Archonti & Skaloumbakas, 2006).

De acuerdo a lo hasta aquí planteado, se considera que existe la probabilidad de que los sujetos con dificultades de lectura no logren automatizar dicho proceso debido a una dificultad generalizada en cuanto a control cognitivo que, a su vez, reduce la capacidad de inhibición. Es decir se apunta a una relación clara entre Lectura y procesos básicos para el FE.

El control inhibitorio como se mencionó al inicio de este apartado es considerado uno de los componentes básicos de las FE el cual presenta un desarrollo en paralelo al desarrollo prefrontal (Barkley, 1997). Se ha definido como la capacidad para inhibir de forma deliberada o controlada la producción de respuestas predominantemente automáticas (Miller & Cohen, 2001).

El cual aparece entre los 3 y 4 años pero continúa su desarrollo hasta la adolescencia, sin embargo, el mayor número de avances en el desarrollo de esta función ocurre entre los 7.6 y 9.5 años y entre los 9.6 y 11.5 años de edad, con

avances muy poco significativos entre los 13 y 15 años de edad (Brocki & Bohli, 2004; Levin et.al, 1991).

Se considera que los procesos de control están relacionados con la resolución de conflicto y dirigidos hacia la prevención del decremento en el rendimiento del sujeto. (Carter & Van Veen, 2007). Se ha planteado la existencia de un sistema de monitoreo que tiene como principal objetivo la modificación de la situación de conflicto, permitiéndonos la generación de un ajuste compensatorio que produce finalmente el control: en este caso, el sistema de monitoreo primero evalúa los niveles de conflicto actuales, para después enviar esta información hacia los centros responsables del control que permitirá el adecuado ajuste de su influencia sobre el procesamiento (Botvinick, et.al, 2001).

Algunos autores han sugerido que una de las funciones de monitoreo capaz de regular el grado en el que el control cognitivo está involucrado, es a través de la detección del conflicto que ocurre ante la competencia entre dos representaciones simultáneamente activadas e incompatibles entre sí, por lo que el nivel de conflicto dependerá del grado en el que la competencia de respuestas se encuentre activa (Botvinick et al., 2001; Botvinick, Cohen, & Carter, 2004; Carter & Van Veen, 2007).

Este sistema de monitoreo de conflicto se vincula con un sustrato único localizado específicamente en la Corteza cingulada anterior (CCA), que a su vez involucra a un sistema de control relacionado principalmente con áreas de la Corteza Prefrontal dorsolateral (CPF DL) que permitirá una mejora en el desempeño de la tarea que realiza el sujeto (Carter & Van Veen, 2007), es decir, pareciera que ante la detección de conflicto se genera la activación de CCA pero a su vez ante el conflicto se activará un sistema de control que permitirá al sujeto realizar los ajustes necesarios, adaptarse al conflicto para

responder de manera adecuada ante la tarea solicitada, estos mecanismos se han relacionado con un tipo de “loop” del control del conflicto.

El nivel de conflicto por tanto dependerá del grado de competencia entre las respuestas y también podrá ser modificado por el tipo y la frecuencia de los estímulos que se utilicen para generarlo.

Tradicionalmente para observar a este sistema de conflicto y la capacidad de control se han utilizado tareas de interferencia, que son definidas como la susceptibilidad hacia los estímulos distractores que produce un decremento en la ejecución y que no necesariamente involucra una supresión activa de los procesos o contenidos (Borella, 2009).

Una de las tareas de interferencia ampliamente utilizada es la tarea Stroop, la cual mide principalmente funciones relacionadas con atención selectiva y flexibilidad cognitiva (Strauss, Sherman & Spreen, 2006). En esta tarea se presentan nombres de colores escritos en un color particular, en la condición de interferencia, los sujetos deben denominar el color mientras ignoran la palabra, cuando el estímulo es incongruente (el color no corresponde a la palabra escrita) entonces se activa la posibilidad de dos respuestas, lo cual tiene como resultado la generación de conflicto y un aumento en la posibilidad de errores (Carter & Van Veen, 2007).

La competencia observada en esta tarea se origina al tratar de inhibir una respuesta preponderante, que en este caso es la lectura, considerada un mecanismo ya automatizado, por tanto, el sujeto estaría intentando inhibir o controlar un proceso automático para dar lugar a uno menos automatizado; por lo que para poder observar la interferencia, la lectura debe ser ya un proceso automático, por tal motivo algunos autores han propuesto esta tarea como una posible medida de automaticidad lectora (Logan, 1997; Kapoula et al., 2010).

Es por esto que la tarea tipo Stroop también se ha utilizado en sujetos con dificultades lectoras en algunos casos como herramienta para evaluar FE y en otros como posible medida de automatización lectora, y a pesar de que los estudios sobre esta relación (dificultades lectoras y Stroop) son escasos, siguen vigente el planteamiento propuesto por Logan sobre automatización. Desde este punto de vista se estaría asumiendo que una habilidad incrementa su eficiencia con la práctica, por tanto la posibilidad de que una habilidad interfiera con otra menos practicada también incrementa (Kapoula et al, 2010; Protopapas et al., 2006).

De acuerdo a este planteamiento, algunos autores han propuesto un incremento de interferencia en el test Stroop conforme mejoran las habilidades lectoras, por lo cual si el sujeto aun no adquiere plenamente dichas habilidades presentará menor interferencia comparado con los sujeto lectores (Samuel,1999).

De esta manera, se esperaría que los sujetos que no han automatizado la lectura (sujetos con dificultad lectora) presenten un menor efecto de interferencia observado a través de menores tiempos de respuesta, sin embargo, algunas investigaciones reportan datos distintos y poco concluyentes.

En algunos estudios, contrario a lo esperado, se ha reportado un efecto de interferencia mayor en niños y adolescente con dificultades de lectura comparado con sujetos control (Protopapas et al, 2006), mientras que otros reportan ese mismo incremento de tiempo de respuesta en denominación incongruente pero además, una disminución de velocidad de respuesta en ambas tareas (congruentes – incongruentes), observando en general lentitud en la realización de todas las tareas en los sujetos con dificultades lectoras (Faccioli et al, 2008; Kapoula et al, 2010; Turin & Asbjornsen, 2000 Everatt, 1997), de manera general, reportan un mayor tiempo de respuesta ante la interferencia.

En otras investigaciones en cambio, se ha reportado un menor efecto de interferencia en niños disléxicos, es decir, un menor tiempo de respuesta en la denominación del color, comparado con el tiempo de respuesta ante el significado, sugiriendo que esto ocurre porque la lectura no ha sido automatizada por lo que la interferencia es menor. Estos resultados podrían relacionarse con una dificultad para el acceso automático al léxico y significado de las palabras lo que posiblemente repercutiría en la velocidad de lectura y en el deficiente conocimiento ortográfico reportado en otras investigaciones (Gómez-Velázquez et al., 2002).

Es importante destacar que los criterios empleados en las diferentes investigaciones para determinar qué sujetos presentan dificultades lectoras, son muy variables y en algunos casos se observa también una amplia variación en los criterios para caracterizar la muestra de estudio, así como en los criterios para su inclusión, lo que podría ser un factor importante en la diversidad de los resultados obtenidos. Sin embargo, lo que se ha reportado deja aun preguntas por resolver y un campo abierto sobre la relación entre el establecimiento automático de la lectura, el conocimiento ortográfico y el control inhibitorio observado en las pruebas de Stroop, así como la posibilidad de que exista un mecanismo subyacente entre estos procesos. (Protopapas et al., 2006).

1.4 Hallazgos neurofuncionales

1.4.3 Resonancia Magnética y Efecto Stroop

Sobre el efecto Stroop existen numerosos estudios de imagen que aportan información relevante sobre las bases neurales implicadas en el control cognitivo, atención y procesos inhibitorios.

Pardo en 1990, mediante estudios con Tomografía por Emisión de Positrones reportó una amplia actividad en corteza cingulada anterior,

encontrando además otras activaciones en corteza premotora izquierda, áreas poscentrales izquierdas, putamen izquierdo, áreas motoras suplementarias y giro temporal superior derecho; sin embargo, debido a la amplia activación en corteza cingulada anterior, se consideró como un soporte importante del rol de esta estructura en la atención.

En general, los estudios actuales de Resonancia magnética funcional identifican una red frontoparietal involucrada en tareas de interferencia o de conflicto, demostrando que la actividad relacionada con el efecto Stroop, tal y como se había reportado anteriormente, se encuentra en corteza cingulada anterior y bilateralmente en la corteza prefrontal lateral, ínsula anterior y lóbulo parietal (Brown et al., 1998; Bush et al., 1998; Hall et al., 2008; Peterson et al., 1999; Whalen et al., 1998).

Una tarea de interferencia que es de particular interés en este estudio es la tarea desarrollada por Bush et al, (1998), denominada The Counting Stroop, fue diseñada para su uso en Resonancia magnética con el principal objetivo de evitar el movimiento de cabeza generado al emitir una respuesta verbal lo cual ocurría en la tarea Stroop Color.

Esta tarea consiste en la presentación de 1 a 4 palabras en donde los sujetos deben responder al número de veces que aparecen palabras neutras (dog, cat, bird, and mouse) y posteriormente, una segunda tarea en donde deben responder al número de veces que aparecen las palabra pero en este caso los estímulos son palabras numéricas (one, two, three, and four), apartado en el cual se espera la interferencia (Figura1).

Los resultados conductuales mostraron efectivamente la presencia de mayores tiempos de reacción en la parte de interferencia comparada con la parte de estímulos neutrales, resultados que en el aspecto conductual confirmaban su funcionalidad como tarea de interferencia.

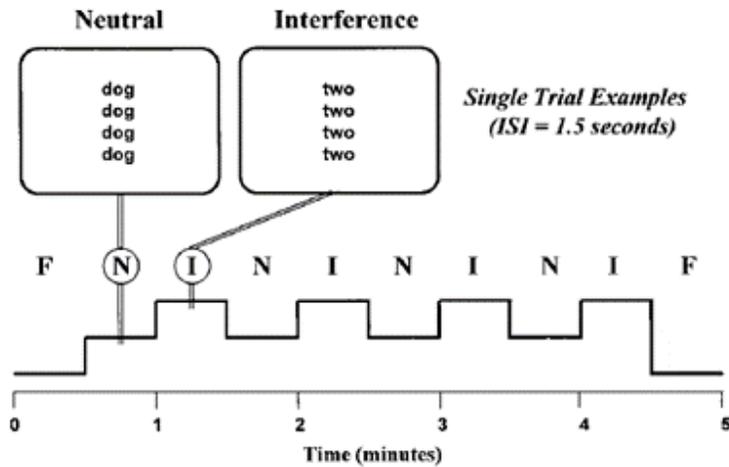


Figura 1. Diseño de tarea Counting Stroop. Ejemplo de un único ensayo con dos tipos de estímulos, en la parte neutral se utilizaron siempre nombres comunes de animales, en la parte de interferencia utilizaron nombres de números. Después de 30 segundos de fijación (F) el sujeto respondía a un bloque Neutral y uno de interferencia alternados, repitiendo esta secuencia 4 veces, con una duración total de 4 minutos. Tomado de Bush, et al.1998.

En los resultados de Resonancia Magnética funcional encontraron activación principalmente en el Cíngulo anterior, en áreas cercanas a lo reportado en estudios de neuroimagen previos (Pardo et al., 1990; George et al., 1994, 1997; Carter et al., 1995; Derbyshire et al., 1998). Las principales áreas involucradas en esta tarea fueron la corteza cingulada anterior, giro temporal inferior, giro frontal medial, corteza motora y premotora así como lóbulo parietal superior (Bush,1998).

Considerando que los resultados que obtuvieron eran congruentes con resultados adquiridos en diversas tareas de interferencia, concluyen que existen suficientes datos para considerar que el Counting Stroop activa una red de regiones involucradas en atención, selección de respuesta, planeación y respuesta motora.

Sin embargo, el hallazgo más relevante hace referencia al hecho de que dos diferentes tareas cognitivas (Color y Counting Stroop) activan el mismo subterritorio de la corteza cingulada anterior. Específicamente las partes más dorsales de esta área, lo cual es similar a lo reportado por otros autores. (Ver Figura 2)

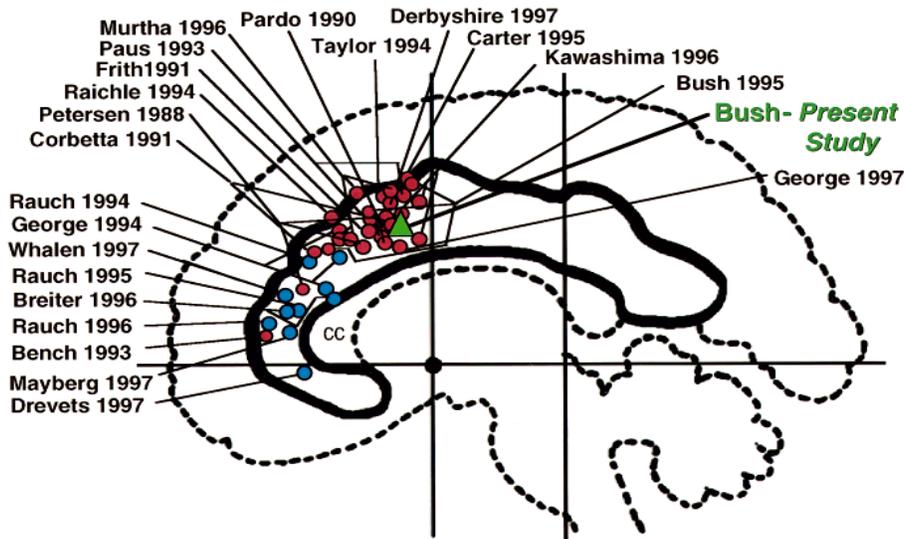


Figura 2. Activaciones principales en distintos estudios de neuroimagen con tareas de resolución de conflicto. Las tareas cognitivo/motoras están representadas por los círculos color rojo, que tienden a presentarse en partes dorsales de corteza cingulada anterior (CCA), tareas con mayor carga emocional son representadas con círculos azules con activaciones en partes rostrales de CCA. Los triángulos verdes representan las activaciones encontradas en el estudio de "Counting stroop". Tomado de Bush, et al. 1998.

1.4.2 Resonancia Magnética y Lectura

En el ámbito del lenguaje los distintos estudios de neuroimagen ofrecen técnicas complementarias para determinar las bases biológicas de la lectura y de la dislexia. La resonancia magnética funcional suele ser más adecuada para la localización de la función y por tanto para investigar las redes neurales que sustentan la eficiente o ineficiente lectura (Goswami, 2008).

En su mayoría se han utilizado para proveer evidencia en cuanto a diferencias de activación en sujetos con dislexia en comparación a controles, los hallazgos reportan hipoactivación, es decir, disminución de la actividad cerebral en el sistema del lenguaje posterior izquierdo.

En general, los sujetos con dificultades lectoras muestran una tendencia a una baja actividad en numerosas regiones en la corteza posterior del hemisferio izquierdo, como las áreas occipito-temporales mediales, precuneus (parietal superior), parietal inferior y áreas de la corteza frontal inferior (Brodmann 47 y 11), así como parte de la región pulvinar del tálamo, también se han observado hipoactivaciones en corteza temporal bilateral superior, en el giro postcentral en el hemisferio derecho y giro fusiforme derecho (Brodmann 20). Se han descrito además áreas de sobre activación en dos regiones del hemisferio derecho, ínsula anterior y tálamo lateral posterior (Maisog et al., 2008).

Es importante mencionar que la mayoría de los estudios realizados en dificultades lectoras se han llevado a cabo a través de tareas fonológicas complejas, tales como lectura de pseudopalabras, rimas, etc. (Temple et al., 2001; Shaywitz et al., 2002; Cao et al., 2006; Hoeft et al., 2007), todos estos estudios presentan hallazgos similares, sin embargo, no revelan en qué grado están relacionadas con el procesamiento más básico de estímulos fonológicos y ortográficos (letras y sonidos) y sus combinaciones.

Por lo que autores como Blau (2010) apoyan la hipótesis de que la relación sonido y letra forma parte importante de los fallos de lectura, e investiga directamente los correlatos neurales que subyacen al procesamiento de integración de letras y sonidos en el desarrollo temprano de la lectura, utilizando para ello, estímulos perceptuales básicos.

Antes la presentación de estímulos aislados auditivos (fonemas) o visoperceptuales (letras) encuentra una débil actividad para el procesamiento de sonidos en giro temporal superior en los sujetos disléxicos y para el procesamiento de letras en áreas aledañas al giro fusiforme (bilateralmente).

Ante estímulos en donde se requiere de la integración entre letras y sonidos encuentra menor activación en corteza auditiva (Surco de Heschl) y surco temporal superior, hallazgo que también se observa en adultos disléxicos, lo que sugiere, una menor eficiencia para la integración de sonidos y letras en estos sujetos, lo cual es presumiblemente el resultado de una deficiente especialización del sistema neural para el procesamiento auditivo y visual de los inputs lingüísticos (Blau et al, 2010), con esta información Blau confirma su hipótesis de que un posible fallo en la integración de letras y sonidos puede ser el factor predictor de las dificultades en lectura.

En este sentido algunos otros autores como McCandliss, Cohen & Dehaen (2003), han planteado la existencia de un área especializada en la percepción visual de palabras, ubicada en una porción del giro fusiforme izquierdo, la cual se considera responsable de la detección de las palabras visuales; las exploraciones sistemáticas que se han desarrollado respecto a esta vía, muestran una alta sensibilidad hacia cualidades específicas de las formas visuales de las palabras, que no se pueden atribuir a las simples propiedades de los estímulos y que son independientes de aspectos lingüísticos de alto nivel. Dichos hallazgos son sustentados por numerosos estudios de neuroimagen,

pues han encontrado evidencia de que, tanto la percepción de palabras, como de pseudopalabras activa el giro fusiforme izquierdo más que cualquier otro estímulo visual, por lo que actualmente esta área es conocida como el área visual de la forma de las palabras ó “Visual Word Form área” (VWFA).

Se plantea que la capacidad de esta región para aprender letras no es accidental y podría estar reflejando la evolución del sistema visual combinado con la adaptación y la experiencia. Sugieren con ello que la especialización de esta área surge como parte de una reconfiguración del sistema visual que permite lograr los requerimientos básicos para una lectura experta (Mc Candliss, et al 2003).

Hasta aquí hemos descrito la existencia de información conductual y de actividad neural tanto de efecto Stroop como de dificultades lectoras, sin embargo, hasta el momento existe poca información sobre respuestas neurales que vinculen esta tarea de interferencia con sujetos que presentan dificultades en lectura y escritura, lo que pudiese aportar mayor información sobre los mecanismos que subyacen a estos dos procesos.

En base a los datos teóricos que hasta el momento se plantean en cuanto a déficit en automatización lectora y una posible relación con el control inhibitorio, en el presente trabajo tratamos de analizar las diferencias neurales que subyacen a las dificultades ortográficas en adultos, usando una tarea que evalúa inhibición con estímulos de lectura como palabras en contraste con estímulos menos ligados al proceso lector como los números.

1.4.1 Resonancia magnética funcional

La resonancia Magnética funcional en el campo de la neuroimagen se considera uno de los avances más importantes en los últimos tiempos desde la introducción de los rayos X por Conrad Röntgen en 1895.

Desde 1970 bajo el título general de neuroimagen, están disponibles muchos métodos para estudiar la activación cerebral ante distintas tareas cognitivas, los parámetros para la clasificación de métodos se basan en la resolución espacial y precisión temporal de las técnicas, la tomografía por emisión de positrones (PET) y la Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf), son dos métodos con buena resolución espacial utilizada para medir la actividad cerebral en humanos durante tareas cognitivas (Posner & Digirolamo, 2000).

El uso de la resonancia magnética funcional, ha crecido de manera rápida en todo el mundo, pues permite observar la activación cerebral, con muy alta resolución y en poco tiempo; y es considerada una técnica con alta sensibilidad y no invasiva. En términos generales en esta técnica la activación cerebral es observada a través de los cambios de oxigenación en la sangre, de forma que las variaciones en la cantidad de oxígeno se pueden traducir en variaciones de la intensidad de la señal y por tanto cambios en la imagen (Vendrell, Junque & Pujol, 1995), efecto conocido como señal BOLD (*Blood oxygen level dependent*).

1.4.1.1 Principios Físicos

El tipo de ondas que se emplean en resonancia son ondas electromagnéticas a frecuencias de radio del orden de Megahertzios. Los receptores y posteriormente los emisores del interior del cuerpo humano son los protones de algunos núcleos atómicos, que hacen de antena emisora y receptora.

Los protones implicados en la imagen de resonancia tanto anatómica como funcional son protones de átomos de hidrógeno. El núcleo del átomo de hidrógeno contiene un único protón, el cual tiene una propiedad llamada espín que le hace comportarse como un pequeño imán con su polo norte y sur (Linera et al. 2008).

El movimiento del espín tiene dos efectos en primer lugar como el protón lleva una carga positiva su giro genera una corriente eléctrica que cuando es colocado dentro de un campo magnético provoca una fuerza de tensión llamada momento magnético, a su vez, el protón tiene una cierta cantidad de masa atómica, el movimiento de esta masa forma lo que se conoce como momento angular. Para que el núcleo de un protón sea útil en resonancia debe tener las dos propiedades mencionadas, por tanto, si están presentes ambas propiedades (momento magnético y momento angular) entonces se considera que esos núcleos poseen propiedades para resonancia magnética nuclear.

Sin embargo, en ausencia de un fuerte campo magnético los espines en este caso de los protones de hidrógeno están orientados aleatoriamente, por lo que la magnetización neta (suma de momentos magnéticos de los espines) es muy baja en condiciones normales, para incrementar la magnetización se le debe aplicar un fuerte campo magnético (Huettel, song & Mc Carthy,2003) (figura 3).

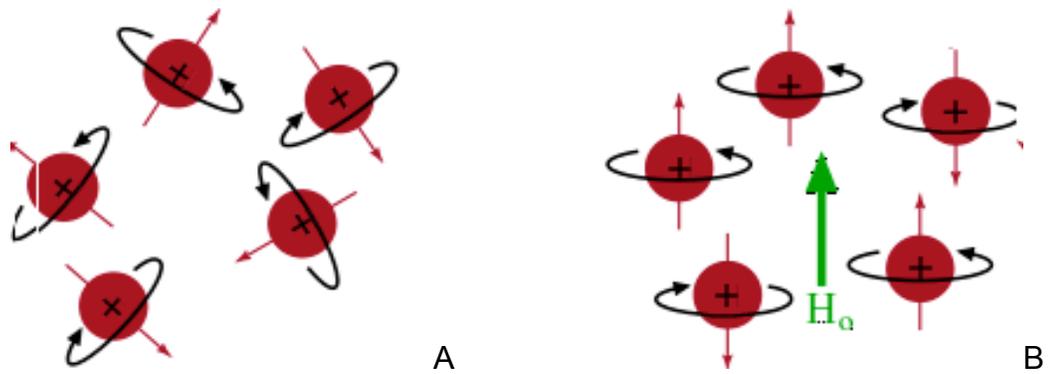


Fig. 3. Imagen A protones en espacio libre con orientación aleatorizada. B protones alineados ante un campo magnético. Adaptado de Huettel, Song y McCarthy(2006).

En el momento que se aplica un campo magnético existe una tendencia a que el momento magnético de ese núcleo se alinee de forma paralela o antiparalela (Figura 4) y absorban energía a través de pulsos de radiofrecuencia, sin embargo, no todos los protones van a recibir y a emitir la misma cantidad de energía, aquellos que se encuentran en alineación paralela son considerados protones de baja energía y por tanto son lo que tienen mayor capacidad para recibirla y a su vez serán los que emitan la mayor cantidad de energía pero ahora en forma de ondas electromagnéticas, puesto que los protones de baja energía suelen ser más estables tendremos por lo general un mayor número de protones en estado paralelo. (Huettel et al, 2003; Linera, et al, 2008)

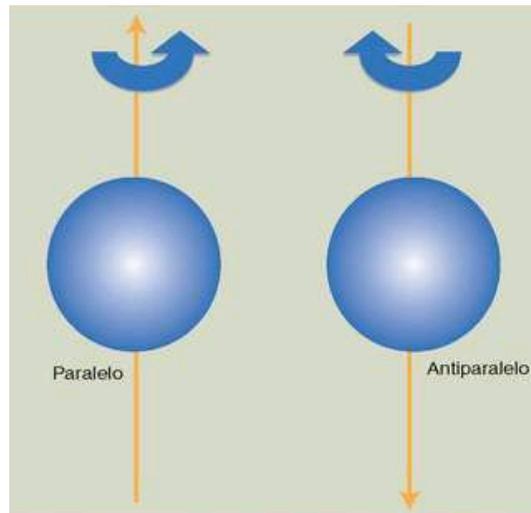


Figura 4. Espín nuclear del protón de átomo de Hidrógeno, estado paralelo y antiparalelo. Tomado de Linera et al. 2008.

Por tanto entre mayor número de protones en estado paralelo tengamos es mejor, pues, habría una mayor cantidad de protones susceptibles a la absorción y posterior emisión de energía.

1.4.1.2 Estados de relajación

La señal de Resonancia Magnética creada por los pulsos de radiofrecuencia aplicados no son definitivos, cuando termina o se detiene el pulso de radiofrecuencia que provoca la excitación del espín, los protones que han absorbido energía tienden a volver al estado de baja energía”, por lo tanto, la señal decae generalmente en pocos segundos, este proceso es conocido como “estado de relajación”. En general hay dos mecanismos que contribuyen a dicha pérdida de señal: Relajación longitudinal y transversal, como ya se ha mencionado una vez que finaliza el pulso de radiofrecuencia cada espín regresará a su estado de baja energía, por tanto, la relajación longitudinal o T_1 está relacionada con la duración de la relajación hasta lograr la posición original del momento magnético, mientras que, el T_2 corresponde a la pérdida de magnetización transversal, este tipo de relajación está vinculado principalmente con la interacción entre espines por lo cual también se le conoce como Spin-

Spin; el tiempo de T_2 siempre es más corto que el de T_1 . Sin embargo, existe un tiempo aún más breve llamado T_2^* este ocurre por las inhomogeneidades existentes entre los espines y del campo magnético principal lo cual acorta aún más el tiempo de relajación, son estos mecanismos los que finalmente permiten obtener contrastes y por tanto obtener la imagen; en el caso de la imagen funcional el tiempo de relajación utilizado principalmente es el T_2^* .

1.4.1.3 Metabolismo y respuesta hemodinámica de la actividad cerebral.

La Resonancia magnética funcional nos proporciona una medida indirecta de la actividad cerebral pues lo que detecta es actividad fisiológica que después es correlacionada con actividad cerebral.

Sabemos que cuando un proceso cognitivo se lleva a cabo ocurre un incremento en la actividad neuronal que a su vez, incrementa el requerimiento metabólico. El principal productor de energía en la célula es el Adenosin trifosfato (ATP), el cerebro no almacena energía por lo cual debe producir la energía ATP a través de la oxidación de la glucosa, tanto el oxígeno como la glucosa es suministrado a través del flujo sanguíneo (Huettel, et al, 2003; Roy & sherrington, 1890), por tanto, en condiciones normales el cerebro utiliza glucosa como único metabolito energético para satisfacer la gran demanda cerebral, consume aproximadamente el 60% de la glucosa total requerida por un individuo en reposo (Clarke & Sokoloff, 1994). Existe por lo tanto, una intensa relación entre la actividad cerebral, incremento de consumo de glucosa y el incremento de consumo de oxígeno; dichas sustancias son enviadas metabólicamente a las neuronas activas a través del flujo sanguíneo. De esta manera se convierten en parámetros indirectos de la actividad cerebral.

Esta es la base de los estudios con RMF con técnica de contraste dependiente del nivel de oxígeno en sangre, conocida como señal BOLD (Blood – oxygen level dependent. El efecto BOLD pues, se basa en la susceptibilidad

magnética de la hemoglobina (Hb) que se comporta como un contraste endógeno.

Esto se debe a que la hemoglobina presenta diferentes estados de concentración de oxígeno lo que modifica su susceptibilidad magnética (Linera, et al, 2008).

Cuando se encuentra saturada por oxígeno (oxihemoglobina) es diamagnética, cuando los átomos de oxígeno han sido removidos (deoxihemoglobina) se convierte en paramagnética, cuanto más deoxihemoglobina exista más rápida será la caída de la señal y menor será la señal detectada. (Linera, et al, 2008; Amaro & Barker, 2006); ya que esta tiene gradientes magnéticos que alteran los espines de los núcleos de hidrógeno en las áreas cercanas a la difusión, por lo cual la presencia de deoxihemoglobina reduce la intensidad de señal en RM. Al desplazar la deoxihemoglobina con la hemoglobina oxigenada, el aumento de flujo sanguíneo resultará en un aumento local en la señal de RM (Huettel, et al, 2008).

De esta manera, ante un proceso cognitivo, sensorial o motor, se genera un cambio en la actividad neuronal, lo que aumentará la extracción de oxígeno en la zona adyacente a las neuronas activadas provocando un cambio en la proporción entre oxihemoglobina y deoxihemoglobina, a favor de la deoxihemoglobina y por lo tanto, provocando una caída inicial de la señal (Linera et al, 2008; Huettel, et al 2003; Yacoub et al, 2001) milisegundos después se producen los cambios hemodinámicos, en los cuales existe un incremento de flujo sanguíneo y de volumen sanguíneo local, con el objetivo de incrementar el aporte energético.

Como resultado final existe un aumento progresivo del aporte de oxihemoglobina que se produce tras 6 a 9 s del inicio de la activación, aquí la proporción oxi - deoxihemoglobina cambia nuevamente a favor de la oxihemoglobina, lo que ocasiona un incremento de la señal, la magnitud de esa

señal aumenta de un 2 a un 3% con campos magnéticos de 1.5 teslas. Una vez que la estimulación se detiene, la señal regresa a su línea base y eventualmente la sobrepasa, esto es conocido como “undershoot effect” (Buxton et al., 1998), se cree que este efecto se deriva de la capacidad del lecho venoso, el cual tiende a causar que el volumen sanguíneo se normalice más lento que los cambios en el flujo sanguíneo, permitiendo la mayor concentración de deoxihemoglobina/oxihemoglobina (Jones, Schirmer, Lipinski, Elbel & Auer, 1998) (Figura 5).

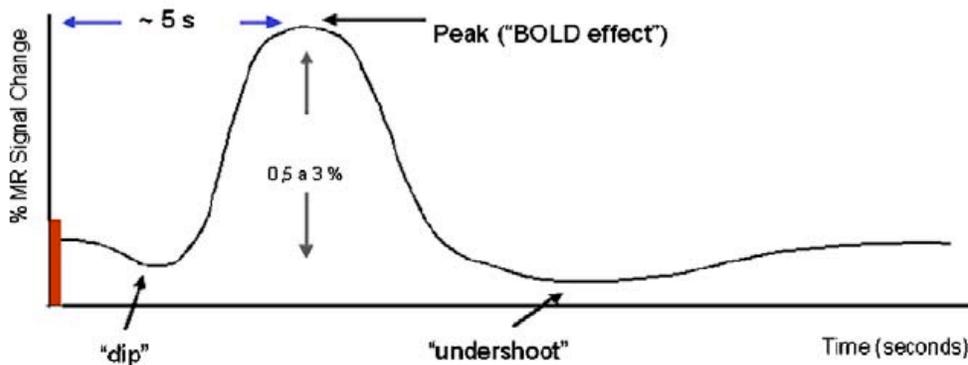


Figura 5. Representación gráfica de la Respuesta Hemodinámica. Se muestra el pico del efecto BOLD después de 3 segundos de iniciar la presentación de estímulos, así como, una etapa de decremento de la señal. Tomado de Amaro & Baker (2006).

El efecto Bold es el mecanismo que se utiliza para poder adquirir imágenes de RMF. A través de la adquisición de imágenes secuenciales mientras un sujeto realiza una actividad, que suele contar con un tiempo determinado durante el cual se ejecuta una tarea y un tiempo denominado de reposo. Posteriormente se comparan las imágenes obtenidas durante la activación cerebral con las de reposo y se calculan las diferencias en la señal de cada voxel determinando si ha existido una variación en su intensidad durante la fase de activación en la región de interés generando un mapa de la actividad cerebral (Linera, et al., 2008).

Este tipo de técnica ha permitido gran avance principalmente en mapeo cerebral y se ha convertido en un rico campo para las neurociencias (Bandettini, 2009). En general la IRMf ha hecho posible identificar patrones de activación asociados con procesos cognitivos de alto nivel (Cabeza & Nyberg, 2000) que benefician al ámbito clínico y en especial al desarrollo de las neurociencias cognitivas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio sobre cómo se adquiere y desarrolla el proceso de lecto-escritura ha sido un punto crucial de debate entre investigadores y clínicos, debido a su relevancia como herramienta para el desarrollo cognoscitivo del hombre.

Existe un consenso generalizado que considera a las habilidades fonológicas como parte esencial del desarrollo lector, sin embargo, la diversidad de características que presentan los niños con un trastorno en el aprendizaje de la lectura no se han podido explicar en base a un único déficit, lo que ha motivado a describir las dificultades lectoras con respecto a la influencia de distintos aspectos tanto cognitivos como ambientales y lingüísticos.

Entre éstos se ha planteado la importancia de la automatización del proceso lector, la cual parece depender de la habilidad para almacenar en memoria a largo plazo representaciones de la forma escrita de las palabras, lo que facilita su reconocimiento rápido al leer, al mismo tiempo que asegura una representación ortográfica fiel en memoria lo que garantiza la correcta escritura de las palabras.

Existe un factor cognoscitivo que pudiera influir en el desarrollo de la automatización: la integridad de las funciones ejecutivas, las cuales se asume que favorecen el procesamiento cognoscitivo gracias a mecanismos de control atencional y de inhibición de procesos no relevantes a la tarea en turno, lo que facilita que un proceso se automatice con la experiencia. La afectación de estos mecanismos de atención y de inhibición podría ser la causa subyacente a la falta de automatización de la lectura.

Existe además un factor lingüístico que influye de manera decisiva en el desarrollo de tal automatización: la ortografía de la lengua que se debe aprender, la cual determina el método de enseñanza de la lecto-escritura y por

ende parece influir en las características de las dificultades de los niños. En los disléxicos provenientes de ortografías opacas como el inglés se han documentado dificultades principales en la eficiencia lectora sin afectación relevante en la velocidad; en cambio en los disléxicos de ortografías más transparentes como el holandés, el alemán o el español se ha descrito que el déficit central es la lenta velocidad para leer, sin una afectación relevante en la eficiencia. Adicionalmente se ha encontrado que esta lenta velocidad para leer se asocia con dificultades en la escritura correcta de las palabras.

Las dificultades con el conocimiento ortográfico se han reportado también en adultos. Diversos estudios de ortografías transparentes señalan que para el diagnóstico de la dislexia en el adulto no se requiere de extensas baterías de pruebas ya que la lectura en voz alta y la escritura han demostrado ser sensibles para detectar a los sujetos con dificultades, mostrando de manera consistente que persisten en la edad adulta la lenta velocidad para leer y el bajo conocimiento ortográfico.

Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones tanto conductuales como neurofuncionales se han realizado en disléxicos adultos de habla inglesa con características diferentes a los disléxicos del español, lo que dificulta generalizar los hallazgos a nuestra población. Adicionalmente, en las investigaciones suele incluirse sujetos con características muy diversas lo que hace difícil determinar el papel de las funciones ejecutivas sobre las dificultades específicas que presentan los sujetos, ya sea problemas con la eficiencia o con la velocidad lectora.

De manera que, es necesario estudiar los mecanismos neurofuncionales subyacentes al control de las funciones ejecutivas, como la inhibición, sobre la lectura en aquellos sujetos en los que se asume una falta de automatización, como sería el caso de los sujetos con marcadas dificultades en el conocimiento ortográfico, con la finalidad de determinar su influencia sobre las dificultades en el aprendizaje de la lectura.

Una de las tareas más empleadas para explorar la inhibición cognitiva es la tarea Stroop, considerada como una tarea de interferencia, de atención, de control inhibitorio y de flexibilidad cognitiva. En ella, el sujeto debe tener la capacidad para inhibir una respuesta preponderante o automatizada (leer la palabra) y proporcionar una menos automatizada (denominación del color de la tinta), lo que requiere de un adecuado control inhibitorio. Sin embargo, si leer no es un proceso del todo automático entonces se esperaría que el involucramiento de las funciones frontales sea diferente al de un lector experto. Los hallazgos existentes sobre dificultad lectora y Stroop son poco concluyentes, en algunos estudios se reporta un mayor efecto de interferencia en sujetos con dificultades lectoras, en otros se describe el efecto contrario, es decir, ausencia de efecto de interferencia.

Considerando estos antecedentes, en este estudio se propone estudiar el efecto de interferencia de la prueba Stroop, usando para ello dos tipos de estímulos: palabras y números, en sujetos con bajo conocimiento ortográfico en quienes se asume una falta de automatización de la lectura, en comparación con adultos con un conocimiento ortográfico normal, quienes se considera presentan una lectura normal. De manera simultánea con la ejecución de la tarea se explorará la actividad neurofuncional generada por ésta, usando la técnica de Resonancia Magnética funcional.

Preguntas de investigación

¿El bajo conocimiento ortográfico se asocia con la falta de automatización de la lectura?

¿El bajo conocimiento ortográfico inhibe el efecto de interferencia observado en la tarea Stroop?

¿El efecto de interferencia generado por las tareas de Stroop es específico de tareas que involucran palabras o se generaliza a otros estímulos como los números?

¿Qué diferencias neurofuncionales presentan los sujetos con deficiente conocimiento ortográfico en comparación con sujetos con un conocimiento ortográfico normal, ante una tarea de interferencia que es considerada una medida de automaticidad lectora?

¿Las diferencias neurofuncionales se deben a dificultades de control cognitivo o a un problema específico con la automatización de lectura?

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

OBJETIVO GENERAL:

Estudiar la respuesta conductual y neurofuncional ante una tarea de interferencia de la lectura sobre otros procesos cognitivos en adultos jóvenes con bajo conocimiento ortográfico, en comparación con sujetos sin dificultades.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar si en la edad adulta persiste una falta de automatización en el reconocimiento de palabras visuales y si ésta inhibe el efecto de interferencia.
2. Establecer si en los sujetos con dificultades ortográficas, es decir aquellos que presenten gran cantidad de errores de tipo homófono, el efecto de interferencia de la lectura de palabras sobre otro proceso cognitivo es mayor o menor, comparando los tiempos de respuesta en la tarea incongruente.
3. Comparar las respuestas conductuales tiempos de reacción y eficiencia ante una tarea de interferencia en los sujetos con dificultades en comparación con un grupo control.
4. Determinar si el efecto de interferencia es igual ante tareas con palabras o números en sujetos con bajo conocimiento ortográfico.
5. Comparar las diferencias de respuesta BOLD particularmente en áreas de corteza Cingulada Anterior en grupos con dificultades ortográficas y sin dificultades ante una tarea de interferencia.

4. HIPOTESIS GENERAL

Los sujetos con dificultades ortográficas presentarán una deficiente automatización en el reconocimiento de palabras caracterizada por una lenta velocidad lectora y dificultades ante tareas de interferencia que impliquen lectura de palabras, esto en comparación con sujetos sin dificultades lectoras.

1.- Los sujetos con dificultades ortográficas presentarán un menor tiempo de reacción ante el reconocimiento de palabras visuales y una disminución del efecto de interferencia de la lectura sobre la identificación del color y cantidad, mostrando menores tiempos de reacción ante la identificación del color.

2.- Los sujetos con dificultades ortográficas presentarán mayores tiempos de reacción que los sujetos control en una tarea de interferencia.

3.- Los sujetos con dificultades ortográficas presentarán un efecto de interferencia disminuido cuando los estímulos son palabras, pero ante números el efecto de interferencia será normal.

4.- Los sujetos con dificultades en ortografía presentarán disminución en la respuesta BOLD en corteza cingulada anterior ante la tarea de interferencia que involucra palabras en comparación con sujetos sin dificultades, pero ante tareas que involucran números, su respuesta BOLD será similar a la observada en sujetos sin dificultades.

VARIABLES

VARIABLES	VARIABLES
Variables independientes	Variables dependientes
Tipo de estímulo	IRMF
- Palabras	- Señal Bold obtenida (cantidad y localización de los cluster de activación).
- Números	
Condición	Conductuales
- Con interferencia	- Promedio de tiempo de Reacción
- Sin interferencia	
Grupos	- Número de respuestas correctas
- Rendimiento bajo	
- Rendimiento promedio	

5. METODOLOGÍA

5.1 Participantes

5.1.1 Selección de la muestra

La muestra fue seleccionada con un muestreo no probabilístico intencional. Los sujetos se seleccionaron principalmente en una preparatoria y facultad privadas, y en un centro universitario de la universidad de Guadalajara. Cada participante recibió una compensación económica de \$300.00 por su participación en el proyecto, la cual fue pagada con fondos del proyecto 183561 del fondo mixto SEP-CONACYT.

En total se reclutaron 39 sujetos (21 bajos y 18 altos) que cumplían criterios de inclusión y que accedieron a participar, sin embargo, 9 fueron excluidos por movimiento excesivo durante la sesión de resonancia. De tal manera que la muestra total quedó conformada por 30 sujetos adultos entre 17 y 20 años de edad, los cuales se dividieron en dos grupos 15 sujetos con bajo rendimiento ortográfico y 15 sin dificultades.

Una vez que se confirmó el nivel de rendimiento ortográfico con la Batería de Conocimiento Ortográfico (Gómez-Velázquez et al, 2014) se integraron a los sujetos a la muestra de estudio conforme a los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- Ser diestro
- Cursar el 5º. o 6º. semestre de bachillerato general (primeros semestres de Licenciatura)
- Ausencia de déficit sensorial no corregido

- Ausencia de trastornos funcionales u orgánicos, enfermedades psiquiátricas o neurológicas.
- Sin consumo de medicamentos o sustancias que afecten al Sistema Nervioso Central
- Español como lengua materna

Criterios de exclusión

- Presencia de gran cantidad de artefactos en el registro de IRMf debidos a movimientos.
- Crisis de ansiedad en el momento del estudio que impida al sujeto continuar con el estudio de IRMf.
- Abandono voluntario del estudio.
- Presencia de materiales metálicos como prótesis o placas en el cuerpo

5.2 Materiales e instrumentos

Para la selección de la muestra a todos los sujetos se les aplicó la Batería de conocimiento Ortográfico, integrado por las siguientes tareas: Elección de Grafías Homófonas, Dictado de una carta, Dictado de palabras y Detección de Errores en un Texto. Es importante mencionar que en estudios previos este test presentó una adecuada confiabilidad ($\alpha = .833$) y un alto nivel de discriminación entre grupos ($t = 11.608$; $p < .001$) en una muestra de 827 adultos jóvenes (Gómez-Velázquez, et al., 2014) (ANEXO 1).

También se aplicó la escala de Edimburgo para determinar la manualidad del sujeto, así como, una versión breve de Escala de inteligencia Weschler para adultos III (diseño con cubos y vocabulario) (Weschler, 2003) para obtener una estimación del rendimiento intelectual de los sujetos. Además se administró y se evaluó velocidad y comprensión lectora mediante la lectura de un texto

expositivo (ANEXO 2). Finalmente todos los participantes ejecutaron una versión automatizada de Wisconsin Card Sorting Test (Neuronic, S.A., 1997), para conocer su rendimiento en una tarea que se considera que evalúa funciones frontales.

Para la sesión experimental de Resonancia Magnética Funcional se diseñaron dos tareas, cada una de ellas estuvo dividida en dos condiciones, una basal y otra con interferencia. Antes de la ejecución de las tareas experimentales se brindó entrenamiento a todos los sujetos para el uso de una botonera con tres botones, de acuerdo con la tarea a ejecutar se le asignó a cada botón un color o un número. De manera conjunta con el entrenamiento en el uso de la botonera, se realizó una simulación de la situación experimental para familiarizar al sujeto con la ejecución de la tarea y el equipo de Resonancia. Las dos tareas (Stroop Palabras y Stroop Números) se presentaron de manera contrabalanceada a todos los participantes. A continuación se explica a detalle cada tarea y condición.

Tarea 1

Stroop Palabras (clásica): Esta condición estuvo integrada por 10 palabras en cada bloque, con cuatro bloques de significado y cuatro de color, que consistían en la presentación en googles de una de tres palabras: *verde*, *azul* o *rojo* (repetidas varias veces) escritas con color congruente o incongruente a su significado (Figura 6).

Condición A. Significado: En esta condición el sujeto únicamente debía atender al significado de la palabra que se presentaba, presionando el botón correspondiente, ignorando el color con el que estaba escrita.

Condición B. Color: El sujeto debía atender (oprimiendo al botón correspondiente) al color de la tinta con la que estaba escrita la palabra e ignorar el significado de la palabra, esta condición representó la fase de interferencia. En ambas condiciones se les indicó que contestaran lo más rápido posible y con el menor número de errores.

Tarea 2

Stroop Números: Integrada por 10 palabras cada bloque, con cuatro bloques de significado y cuatro de cantidad que consistían en la presentación en un monitor de un número repetido 1, 2 ó 3 veces, el significado del número podía ser congruente o incongruente con la cantidad de veces que aparecía escrito en la pantalla (Figura 7), esta tarea al igual que la tarea 1 estuvo integrada por dos condiciones que se explican a continuación.

Condición C. Significado: En esta condición se le pidió al participante que respondiera (oprimiendo al botón correspondiente) de acuerdo al significado del número que aparecía en la pantalla, ignorando la cantidad de veces que estuviera escrito.

Condición D. Cantidad: El sujeto debía responder de acuerdo a la cantidad de veces que aparecía el número en pantalla, ignorando su significado. Al igual que en la tarea anterior, en ambas condiciones se les instruyó para que respondieran lo más rápido y con el menor número de errores.

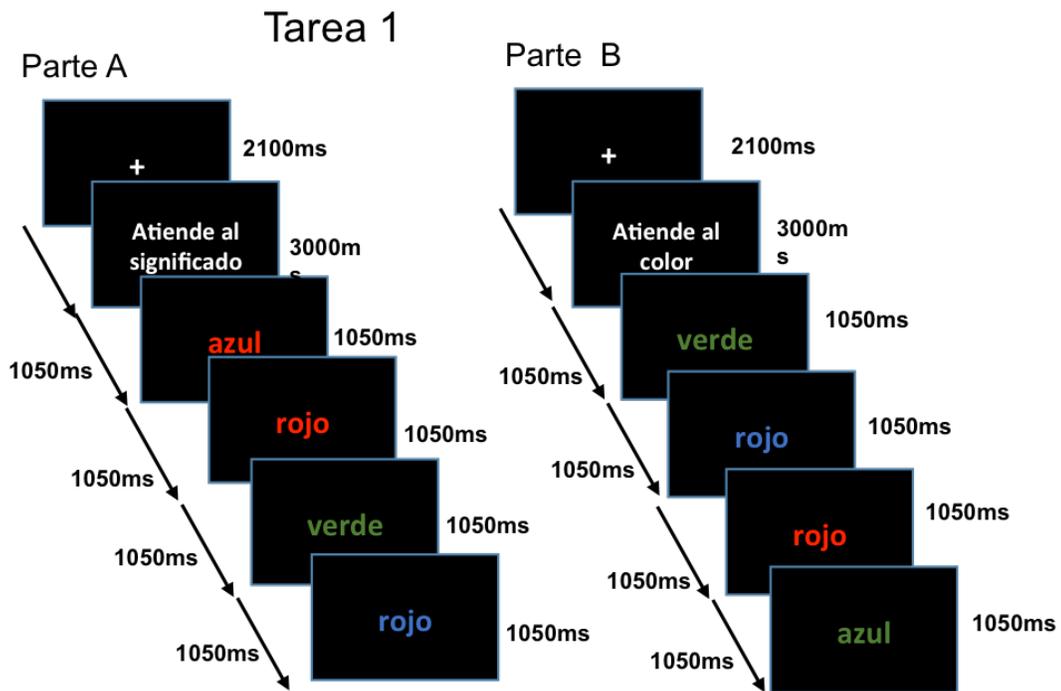


Figura 6. Diagrama de la secuencia temporal de eventos durante la tarea de Stroop-Palabra (clásica). La tarea tuvo en total una duración de 372 segundos; 8 bloques de estimulación activa: 4 de Significado y 4 de Color, con 10 palabras en cada uno (verde, azul y rojo, repetidas varias veces), escritas en color incongruente con su significado; los bloques de estimulación activa alternan con bloques de reposo durante los cuales solo se presenta un punto de fijación central.

Tarea 2

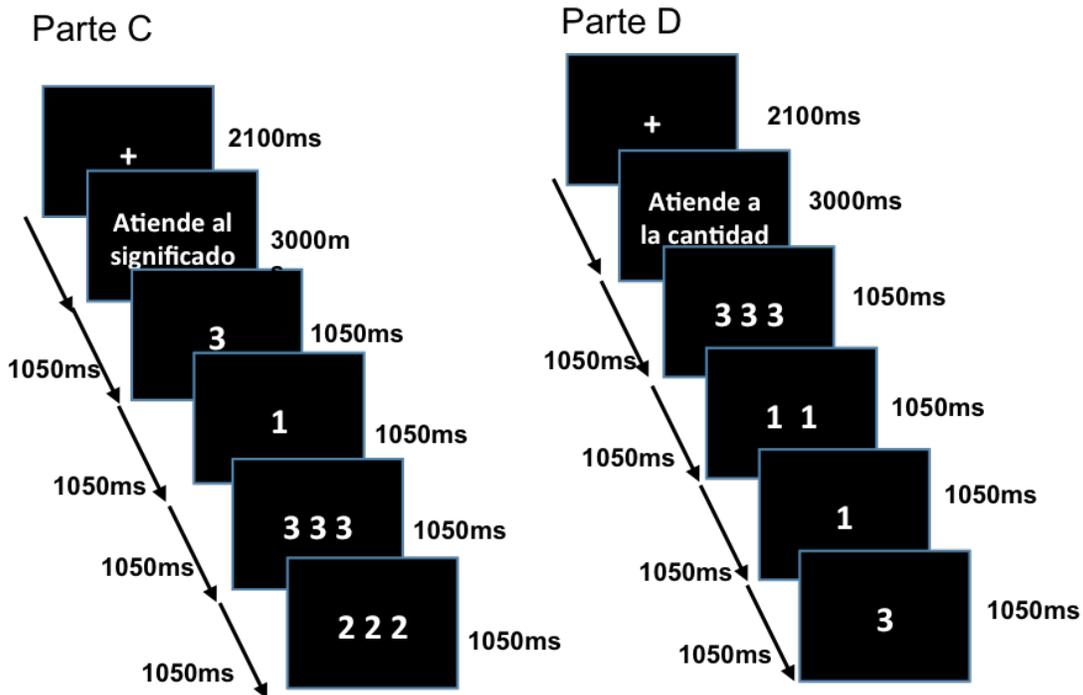


Figura 7. Diagrama de la secuencia temporal de eventos durante la tarea de Stroop-Número. La tarea tuvo una duración total de 372 segundos; 8 bloques de estimulación activa: 4 de Significado y 4 de Cantidad, con 10 estímulos en cada uno, consistentes en los números uno, dos y tres escritos 1, 2 o 3 veces en la pantalla, de manera congruente o incongruente con el significado del número; los bloques de estimulación activa alternaron con bloques de reposo durante los cuales solo se presenta un punto de fijación central.

5.3 Procedimiento

Antes de iniciar con el proceso de selección de la muestra se realizó el diseño de las tareas, se programaron diversas versiones para poder contar con los estímulos y tiempos adecuados a las características del resonador. Realizamos varios pilotos conductuales para observar si los estímulos y tiempos funcionaban adecuadamente, haciendo los ajustes que se consideraron necesarios.

Previo al registro de Neuroimagen los sujetos fueron clasificados de acuerdo con los resultados en la Batería de Conocimiento Ortográfico, la cual

hace énfasis en la comisión de errores de tipo homófono, escribiendo por tanto un pseudohomófonos (CORASÓN).

Por tanto, para la selección se administró la Batería de forma grupal a un total de 226 sujetos, los cuales fueron clasificados en Altos o Bajos de acuerdo a su rendimiento. Los sujetos que cometieron una cantidad de errores que los ubicó entre el percentil 85 a 95 conformaron el grupo Bajo, y aquellos que se ubicaron en el percentil 15 o por debajo integraron el grupo con rendimiento Alto (Gómez-Velázquez, et al, 2014). Del total de test administrados, 72 sujetos cumplieron los criterios de rendimiento para formar parte de alguno de los dos grupos, 28 para el grupo alto y 44 para el grupo bajo, finalmente 39 sujetos cumplieron todos los criterios de inclusión (lateralidad, CI y requisitos para la sesión de Resonancia magnética). Sin embargo, al realizar el pre-proceso de los datos fue necesario excluir a 9 sujetos por excesivo movimiento durante el registro, por tanto la muestra final quedo integrada por 30 sujetos, 15 en cada grupo.

A continuación se explica a detalle cada fase de la evaluación de ortografía y conductual.

Primera fase. Evaluación grupal de ortografía

Se inició la evaluación con un cuestionario para obtener datos personales y de contacto, además de antecedentes escolares.

Se aplicaron 4 tareas (ver Anexo 1) de la Batería de Conocimiento Ortográfico, que se describen a continuación:

1. Elección de Grafías Homófonas: integrada por 36 estímulos, en los que se determina la grafía que corresponde a cada palabra (B o V, C, S o Z, etc). Evalúa la conciencia ortográfica. Se cuantificaron los errores homófonos.
2. Dictado de una carta: Se escribe una carta dictada por el evaluador, adaptada de un libro de texto de tercer grado de primaria de la SEP, con 196 palabras. Se cuantifican los errores homófonos.

3. Dictado de Palabras: Se escriben 42 palabras dictadas por el evaluador, se incluyen palabras de alta y baja frecuencia. Se cuantifican los errores homófonos.
4. Detección de Errores en un Texto: Se marcan las palabras que se considere que tienen un error de tipo homófonos (incluye 22 errores). Se cuantifican las palabras con un error que no fueron detectadas.

Segunda fase. Evaluación individual de ejecución lectora (Anexo 2)

Los sujetos asistieron a una sesión de evaluación individual en las instalaciones del Instituto de neurociencias en la que se explicó en primer lugar, en qué consistía su participación en el proyecto, se les brindó información sobre el procedimiento para el registro de la Resonancia Magnética funcional (IRMf) y se realizó el simulacro de registro, finalmente se les solicitó la firma de consentimiento informado. En el caso de los participantes menores de edad se solicitó la autorización de sus padres o tutores. Antes de iniciar el proceso de evaluación y entrenamiento se realizó una breve entrevista para descartar alteraciones neurológicas y /o psiquiátricas.

Posteriormente se llevó a cabo la evaluación de lectura. Para lo cual se utilizó un texto expositivo, se tomó en cuenta el número de palabras leídas por minuto, el número de palabras modificadas y el puntaje obtenido en un cuestionario de comprensión lectora.

Evaluación complementaria

Durante la misma sesión se realizó la evaluación de otros aspectos como: Inteligencia, manualidad y se administró una tarea de funciones ejecutivas.

Para el entrenamiento se diseñó una tarea similar a la experimental, para lo cual se les explicó de manera verbal y por escrito el procedimiento, cada sujeto podía leer paso a paso lo que posteriormente observaría en los googles dentro del resonador, las instrucciones e incluso una imagen de la botonera en

donde podía ver que botón se le asignó a cada color y a cada número, así como en qué consistía cada tarea. La tarea de entrenamiento estaba dividida en dos, en la primera parte aparecían cuadros de color verde, azul y rojo para la cual debía responder con los botones correspondientes a esos colores. En la segunda parte aparecían uno, dos o tres cuadrados, el sujeto respondía de acuerdo al número de cuadrados que le aparecían en la pantalla (1, 2, ó 3), con el botón apropiado.

Los sujetos ejecutaron la tarea de entrenamiento dentro de un simulador, en el cual podían ver mediante una Tablet una versión corta de la tarea experimental, se les presentaba además una grabación con el sonido de un resonador en funcionamiento, se les solicitaba que respondiera con un dispositivo similar a la botonera. Este entrenamiento tuvo la finalidad de familiarizar al participante con la tarea y las condiciones en que se realizaría el registro de la actividad funcional cerebral, para disminuir así el estrés asociado a la situación experimental.

Para la tarea de Resonancia Los estímulos se administraron utilizando *E-prime Studio v2.0 (Psychology software Tools, Inc., 2010)*. Las imágenes se proyectaron mediante un sistema de googles y registramos las respuestas con una botonera compatible con Resonancia magnética la cual estuvo conectada a una computadora con un cable de interfaz óptica.

Diseño de las tareas experimentales

Como se mencionó anteriormente para esta tarea se utilizó un diseño por bloques, cada par de bloques tuvo una duración total de 372 segundos. En total el diseño estuvo integrado por ocho bloques (4 de activación y 4 de reposo) con 10 estímulos en cada bloque de activación, los cuales tuvieron una duración de 21 segundos cada uno. Cada palabra se presentó en la pantalla durante 1050 milisegundos, con un intervalo interestímulo de 1050 milisegundos. Previo a

Figura 10, correspondían al momento en que aparecían los mensajes de preparación para el sujeto, también se eliminaron 8 volúmenes correspondientes al tiempo en que se presentaron las instrucciones que aparecían previamente a cada bloque de activación las cuales se encuentran representadas en la Figura 10 por cuadrados color gris, y finalmente se eliminaron los últimos dos volúmenes representados en la misma figura por un rectángulo negro, los cuales correspondía a mensajes de aviso de finalización de la tarea.

Por tanto como se ha observado en la descripción del procedimiento a cada participante primero se le administró una evaluación ortográfica con una duración de 40 minutos aproximadamente, a los sujetos seleccionados posteriormente se les citó de manera individual para una evaluación con una duración aproximada de una hora, en donde, se administraron pruebas para evaluar lectura, coeficiente intelectual y FE, durante esta misma sesión se realizó un entrenamiento sobre las tareas de neuroimagen, cabe mencionar que por lo general esta evaluación se realizó cuatro o cinco días previos a la sesión de resonancia. Finalmente se les llamaba y daba cita para la sesión en resonancia la cual siempre se realizó en domingo con una duración aproximada de 30 minutos por sujeto.

5.4 Datos de adquisición de imagen

Se utilizó un Resonador *General Electric de 1.5 Teslas, (GE Medical Systems, Milwaukee, WI), Software HDX*, los estudios funcionales se realizaron con un TR (tiempo de repetición) de 3000 ms, tiempo de adquisición de 6,12 minutos y se adquirieron 32 cortes (con un orden ascendente) con 4 mm de grosor con espaciado 0, se usaron imágenes Eco-planares con un TE (tiempo Eco) de 60ms, Flip angle de 90° FOV 25.6, matriz de 64 x 64 con un tamaño de voxel de 4x4. En total se obtuvieron 124 volúmenes, 3968 imágenes por cada tarea.

Previo a la adquisición de la imagen funcional se obtuvieron datos estructurales y el primer scan fue un localizador, que permitió el posicionamiento

de los planos de la imagen funcional, antes de cada estudio se adquirió una serie axial T2 que sirvió como referencia anatómica para el análisis y posteriormente se llevó a cabo una secuencia de imágenes de 3 dimensiones (SPGR).

5.5 Análisis de datos

Los resultados demográficos y conductuales se analizaron utilizando *SPSS (IBM Corp. Released, 2011 IBM SPSS Statistic for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp)*.

Para el análisis de los datos conductuales realizados en resonancia, se realizó un Análisis de la Varianza con el objetivo de evaluar los efectos principales y las interacciones de las cuatro condiciones y grupos, utilizando el grupo bajo y alto como factor entre – grupos y las condiciones A, B, C y D como factor intra- sujeto, como variables dependientes se consideraron el número de respuestas correctas y tiempos de reacción.

El análisis de la señal se realizó mediante SPM (*Statiscal Parametric Mapping*) 8.0 de Matlab. Una vez obtenidas las imágenes se llevó a cabo el pre procesamiento, con el objetivo de efectuar el estudio estadístico, como parte de este pre proceso de datos se realizó la realineación de imágenes por sujeto para corregir la diferencia de posiciones que pudieran generarse debido a los movimientos mínimos de los sujetos durante las tareas, como segundo paso se realizó la normalización espacial necesaria para la comparación entre sujetos, para finalmente realizar el suavizado de imágenes o filtrado que básicamente servía para eliminar componentes de ruido en la imagen.

6. RESULTADOS

6.1 Resultados Demográficos y ejecución lectora

El grupo alto estuvo integrado por 11 mujeres y 4 hombres, mientras que, el grupo bajo se integró por 6 mujeres y 9 hombres, ambos grupos con una media de edad de 18 años (DE .986). En cuanto a rendimiento intelectual, el grupo alto presenta una media en CI de 106.57 (DE 8.04) y el grupo bajo un CI promedio de 101.33 (DE 5.16), y aunque la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa ($t(27) = 2.101$; $p = .045$; $r = .374$), los puntajes medios de ambos grupos están dentro del rango normal.

La comparación del rendimiento en lectura en los dos grupos fue analizado con una prueba t para muestras independientes, en la cual se asumió igualdad de varianzas (Prueba de Levene: $F = .808$; $p = .376$). En la velocidad de lectura se encontró una diferencia significativa entre los dos grupos ($t(28) = 4.4$; $p = .001$; $r = .639$), con un mayor número de palabras por minuto en el grupo Alto ($M = 165.32$, $DE = 25.03$) comparado con el grupo Bajo ($M = 133.60$, $SD = 12.38$), por tanto, se puede observar que el grupo con bajo conocimiento ortográfico es también lento para leer lo cual sustenta la estrecha relación entre desarrollo ortográfico y velocidad lectora.

En comprensión lectora, al igual que en el análisis anterior, asumimos igualdad de varianzas (prueba de Levene: $F = 1.073$; $p = .309$), pero aquí la diferencia no fue significativa entre los grupos ($t(28) = 1.60$; $p = .119$; $r = .289$) sin embargo, las respuestas de los sujetos del grupo Alto ($M = 7.93$, $DE = 2.08$) fueron un poco mejor que las del grupo Bajo ($M = 6.60$, $DE = 2.44$). En general observamos que los sujetos con rendimiento Bajo efectivamente muestran mayor lentitud al leer pero que esto no afecta significativamente la comprensión de lo leído.

El *Wisconsin Card Sorting Test* fue aplicado como prueba complementaria, esta prueba sirve como medida de flexibilidad mental y es utilizada como forma de evaluación para el Funcionamiento Ejecutivo. Respecto al rendimiento entre los grupos se encontró una diferencia significativa en el número de categorías alcanzadas, igualdad de varianzas asumida (prueba de Levene: $F= 5.878$, $p = .022$), ($t (27) = 2.696$; $p = .012$; $r = .460$). El grupo bajo alcanza un significativo menor número de categorías ($M = 4.2$, $DE = 1.68$), en relación con el grupo Alto ($M = 5.6$, $DE = .828$) el número de categorías máxima para esta prueba es de 6, por tanto como se puede observar los sujetos del grupo alto alcanzan casi el total de categorías, el grupo bajo comete además mayor número de errores ($M= 42.28$, $DE = 19.06$) que el grupo alto ($M= 28.80$, $DE= 14.89$), mostrando también una diferencia significativa, ($t (27) = -2.131$; $p = .042$; $r = .379$), en este análisis se asumió la igualdad de varianzas (prueba de Levene: $F= .010$, $p= .922$). En términos generales observamos un menor desempeño por parte del grupo Bajo en esta tarea de Funciones ejecutivas.

6.2 Resultados conductuales de las tareas experimentales con el registro de imagen funcional (IRMf).

Los estadísticos descriptivos respecto al número de respuestas correctas, tanto para el grupo Bajo como para el grupo Alto son muy similares, en ambos grupos se muestra un rendimiento parecido en la eficiencia de la respuesta, con un bajo índice de respuestas incorrectas que oscila entre 5 y 4 errores para la condición A y B (Stroop Palabras), sin embargo en las condiciones C y D (Stroop Números) el número de respuestas incorrectas es aún menor en los dos grupos como se puede ver en la Tabla 1. En general, la tarea de números resultó más sencilla para los participantes ya que se generó menor cantidad de errores. Teniendo en cuenta esto se decidió únicamente considerar el análisis de las respuestas correctas y sus respectivos tiempos de reacción.

Tabla 1. Resultados conductuales de las tareas experimentales

	Grupo	Stroop Color		Stroop Números	
		Parte A (Significado)	Parte B (Color)	Parte C (Significado)	Parte D (Cantidad)
Respuestas correctas	Alto	33.20 (6.9)	35.20 (5.5)	38.27 (1.4)	38.93 (1.22)
	Bajo	33.13 (5.8)	35.87 (2.3)	37.33 (2.9)	37.87 (1.9)
Respues incorrectas	Alto	5.40 (6.8)	4.07 (5.4)	1.47 (1.2)	1.00 (1.2)
	Bajo	5.20 (4.4)	4.53 (2.4)	1.53 (1.8)	1.67 (1.7)
TR de respuestas correctas	Alto	780.53 (88.8)	770.47 (112.8)	666.23 (88.2)	641.77 (57.5)
	Bajo	855.01 (103.9)	842.62 (108.7)	719.12 (86.2)	704.55 (57.6)
TR de respuestas incorrectas	Alto	802.79 (305.2)	854.73 (322.2)	554.4 (344.6)	389.81 (424.5)
	Bajo	906.66 (294.4)	721.74 (287.2)	471.35 (386.5)	494.15 (311.5)

Nota: Media y Desviación estándar (*DE*) para el número de respuestas correctas e incorrectas y tiempos de respuesta para cada condición experimental.

Con el objetivo de analizar los efectos principales y las interacciones de las cuatro tareas y grupos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA). Respecto al número de Respuestas Correctas el test de Mauchly indica que la esfericidad ha sido violada $\chi^2(5) = 46.71$ $p=.001$, por tanto, para determinar los grados de libertad se utilizó la corrección de Hyund Feldt ($\epsilon = .583$). Precisamente se encontró un efecto significativo de tareas $F(1.74, 48.93) = 13.58$ $p = .000$ (Tabla 2) y de acuerdo con las posteriores comparaciones por pares los efectos significativos se observan entre las condiciones AB ($p=.010$), AC ($p = <.001$), AD ($p = <.001$), BC ($p=.010$) y BD ($p= .001$), únicamente en la condición CD no se encuentra diferencia estadísticamente significativa (Tabla 3). No se observa diferencia significativa en la interacción tarea y grupos $F(1.74, 48.93) = .392$ $p = .650$ o entre grupos $F(1,28) = .124$ $p = .727$.

De acuerdo a estos resultados vemos que el número de respuestas correctas varía de acuerdo al tipo de tarea, y esto es más notorio entre las condiciones de la tarea 1 (Stroop Color) y las condiciones de la tarea 2 (Stroop números) lo cual se relaciona con el grado de dificultad de las mismas y no con el rendimiento ortográfico de los grupos.

En cuanto a Tiempos de Reacción, la prueba de Mauchly indicó que la esfericidad podía ser asumida $\chi^2(5)=8.2$ $p=.141$ y se encontró un efecto

significativo también de tarea $F(3,84) = 58.6$; $p < .001$ (Tabla 2). De acuerdo a las comparaciones por pares, observamos este efecto significativo en las condiciones AC, AD, BC, y BD todos con una $p < .001$, es decir, en general los tiempos de reacción varían de acuerdo al tipo de tarea con menores tiempos de reacción en general para responder la condición CD, como se puede observar en la Tabla 4, situación que ocurre en los dos grupos, como se mencionó anteriormente esto puede estar relacionado con un menor nivel de dificultad en la tarea 2 (tarea de números) para todos los sujetos.

La interacción tarea grupo no mostró efecto significativo $F(3,84) = .252$ $p = .860$. Sin embargo, si se encontró un efecto significativo entre grupos $F(1,28) = 5.4$ $p = .028$, el grupo con rendimiento bajo muestra mayores tiempos de reacción en las cuatro condiciones comparado con el grupo de rendimiento alto (ver Tabla 1), es decir, los sujetos con menor rendimiento en ortografía, también son más lentos para responder las cuatro condiciones presentadas dentro del resonador, esto ocurre a pesar de la aparente menor dificultad en la tarea 2 (Gráfico 1).

Tabla 2. Efectos significativos para la ANOVA

		<i>F</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>η</i> ²	<i>1-β</i>
Respuestas correctas	Tarea	13.580	1.74 , 48.93	.000	.327	.945
	Tarea* Grupo	.392	1.74 , 48.93	.650	.014	.092
	Grupo	.124	1, 28	.727	.004	.063
TR Respuestas Correctas	Tarea	58.6	3,84	.000	.677	1.00
	Tarea * Grupo	.252	3,84	.860	.009	.096
	Grupo	5.4	1,28	.028	.162	.612

Nota: Se utilizó la corrección de Huynh-Feldt para respuestas correctas.
alpha.05

Gráfico 1. Tiempo de reacción de Respuestas correctas

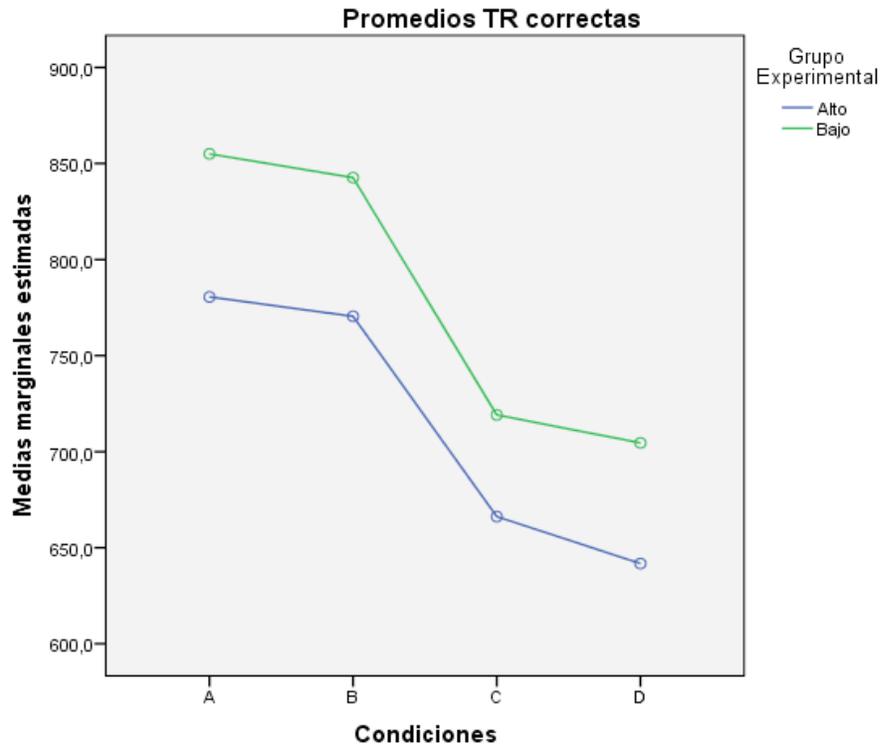


Tabla 3. Comparación por pares para Respuestas Correctas.

Tarea	Diferencia de Medias	Error estándar	<i>p</i>	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
AB	-2.367	.854	.010	- 4.11	- .617
AC	-4.633	1.16	.000	-7.027	- 2.23
AD	-5.233	1.22	.000	- 7.75	- 2.71
BC	-2.267	.818	.010	-3.94	- .590
BD	-2.867	.784	.001	- 4.47	- 1.26
CD	.600	.360	.107	- 1.33	.138

Tabla 4. Comparación por pares para Tiempos de Reacción

Tarea	Diferencia de Medias	Error estándar	Sig. ^b	intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
AB	11.228	16.21	.494	-21.98	44.43
AC	125.09	11.85	.000	100.82	149.36
AD	144.61	13.90	.000	116.12	173.09
BC	113.86	13.78	.000	85.622	142.11
BD	133.38	16.16	.000	100.28	166.48
CD	19.51	10.46	.073	-1.92	40.95

6.3 Resultados Neuroimagen Funcional

A continuación se realiza la descripción de los resultados obtenidos en Resonancia Magnética funcional, como podrán ver a lo largo de éste apartado, los resultados son presentados en base a regiones cerebrales y no a una clasificación particular, si bien el software utilizado para el análisis (como se puede apreciar en las tablas de resultados) nos brindan coordenadas que nos permiten localizar con exactitud las zonas cerebrales (hemisferio, región y una aproximación a las áreas de Brodmann a las que corresponde cada zona activada), el número de cluster o volúmenes para cada región activada, así como puntuaciones z que nos permiten observar la intensidad de la activación, cuando hablamos de activaciones principales nos basamos por lo general en la dos regiones con puntuación z mayor. A pesar de que como ya se ha mencionado los resultados nos muestran áreas de Brodmann, en realidad debemos recordar que esta clasificación es sólo una aproximación, por lo que consideramos es

más específico realizar la descripción en base a regiones cerebrales puesto que esto genera una aportación más clara a nivel funcional.

Así pues, a lo largo de este apartado se podrán observar tres tipos de análisis, para cada condición, en total como se observará a lo largo de esta descripción tenemos 4 condiciones, dos que corresponden a la tarea Stroop Palabras, integrada por la condición A que es la parte de *significado* y condición B parte de *color*, considerada como de interferencia, y otras dos que corresponden a la tarea Stroop Números la cual se integra por la condición C *significado* de números, y D *cantidad* que corresponde a la parte de interferencia. Por tanto, el primer análisis explora de manera global la frecuencia en que los sujetos de cada grupo han mostrado la activación de un área cerebral particular en cada una de las condiciones. En el segundo análisis veremos el promedio de activaciones en cada condición tanto para el grupo Alto como para el Bajo y finalmente describiremos los resultados del análisis entre condiciones, en el cual comparamos las condiciones que integran la tarea 1 y tarea 2, dentro de cada grupo, por lo que tales comparaciones quedaron establecidas de la siguiente manera: AB, CD, AC y BD.

6.3.1 Análisis intra-grupo por condición

En este análisis de primer nivel el interés principal fue observar las activaciones más frecuentes sujeto a sujeto, para cada una de las condiciones, esto con el objetivo de observar si dichas activaciones eran congruentes con lo que se buscaba en este trabajo. Como resultado obtuvimos finalmente una tabla de las áreas de activación más frecuentes por cada condición.

Respecto a las frecuencias de activación que presentaron ambos grupos en la condición A *Palabra-significado*, que como se ha explicado en apartados anteriores se relaciona en mayor medida con un proceso de lectura, podemos observar en la tabla 5, una mayor frecuencia de activación en áreas de corteza

frontal para ambos grupos, además de activaciones en Giro supramarginal y Giro postcentral parietal.

Sin embargo, el grupo de rendimiento Alto presenta con mayor frecuencia activación en giro frontal medial, giro frontal inferior (Hemisferio derecho e izquierdo en ambos casos), y giro precentral hemisferio izquierdo.

En giro supramarginal se observó activación frecuente en los dos grupos, pero, el grupo con rendimiento Bajo presentó mayor frecuencia de activación en hemisferio derecho. A su vez, en lóbulo parietal específicamente giro postcentral, el grupo de rendimiento Alto tuvo un mayor número de sujetos que activaron dicha área, comparado con el grupo bajo.

En la Tabla 6 podemos observar que en la condición B *Palabra-color*, tarea en la que se esperaba observar la interferencia del significado de la palabra sobre la identificación del color, y por tanto con una gran carga de control inhibitorio, puesto que el sujeto debía inhibir la lectura de la palabra para denominar el color de las letras, ocurrió algo similar a la condición anterior, un mayor número de sujetos mostraron activaciones en áreas frontales, con un número importante de activaciones en áreas que corresponden al giro frontal medial tanto izquierdo como derecho así como, en giro supramarginal, sin embargo, presentaron algunas diferencias específicas entre los grupos, por ejemplo, mayor frecuencia de activación del grupo Alto en áreas de giro frontal inferior derecho, en cambio en giro supramarginal derecho es nuevamente el grupo Bajo quien mostró más activaciones, de hecho, en el grupo de rendimiento Alto no se observan activaciones de esta área en hemisferio derecho para esta condición.

Otra diferencia específica ocurre en lóbulo parietal superior izquierdo, en donde, particularmente el grupo Alto presenta una amplia frecuencia de actividad mientras que el grupo Bajo presenta muy poca activación en esta región. En esta condición se encuentran activaciones además en un gran número de áreas cerebelares, con mayores activaciones específicamente en Tonsila izquierda en

el caso de los Bajos y Declive derecho también en el grupo Bajo, a pesar de que la frecuencia de su aparición no es muy grande, podemos decir en términos generales que hay una mayor frecuencia de activación en áreas cerebelares en el grupo Bajo. Se observa además activación de Ínsula especialmente en hemisferio izquierdo, en este caso es el grupo Bajo quien muestra una clara diferencia con mayores activaciones que el grupo Alto.

Tabla 5. Frecuencia de Activación para la condición A.

Region	Hemisferio	Áreas de Brodmann	Frecuencias	
			Bajos	Altos
Giro Frontal inferior	izquierdo	9, 47, 45/ 11, 46	4	6
	Derecho	9,47,46 / 45	4	7
Giro Frontal medial	izquierdo	6, 9, 10, 46 / 47, 32	5	10
	Derecho	6, 9, 10, 11/ 46	8	11
Giro Precentral Frontal	izquierdo	6/44	2	6
	Derecho	6, 44	6	2
Giro Frontal Superior	izquierdo	6,10, 11	5	4
	Derecho	6,9,10,11	7	6
Subgiro Frontal	Derecho	6	1	1
	izquierdo	6	0	1
Giro Temporal Inferior	izquierdo	20	2	1
	Derecho	20	2	3
Giro Fusiforme Temporal	izquierdo	37	0	1
	Derecho	19 / 20	1	1
Giro Temporal Medial	izquierdo	21, 37	3	0
	Derecho	20, 21, 22/ 39	3	3
Giro Temporal Superior	Izquierdo	22,38,42 / 39	6	3
	Derecho	22,42 / 38, 42	3	6
Giro supramarginal	izquierdo	40	9	8
	Derecho	40	8	6
Giro Angular	Derecho	39	1	0
Giro parietal postcentral	izquierdo	1, 2 ,3/ 40, 43	6	10
	Derecho	1, 2 / 5,	4	2
Precuneus	izquierdo	7	1	1
	Derecho	7, 19	2	0
Lóbulo Parietal Superior	izquierdo	7	5	4
	Derecho	7	2	3
Giro Occipital Inferior	izquierdo	18	1	1
	Derecho	18	1	0
Giro Occipital Medial	izquierdo	18, 19	1	2
	Derecho	19	0	1
Giro Fusiforme Occipital	izquierdo	19	1	0
Cuneus	Derecho	18	1	0
Giro Lingual	Derecho	18	1	0
Cerebelo Anterior	Derecho	*	2	1
	izquierdo	*	1	0
Tonsil cerebelar	izquierdo	*	2	4
	Derecho	*	6	6
Culmen	izquierdo	*	2	1
	Derecho	*	0	2
Caudado	Izquierdo	cuero	1	0
	Declive	Izquierdo	*	1
Lóbulo Inferior Semilunar	Derecho	*	4	5
	izquierdo	*	2	1
Piramide del cerebelo	Derecho	*	3	3
	Izquierdo	*	3	0
Tuber posterior del cerebelo	Derecho	*	4	1
	Izquierdo	*	3	1
Uvula Posterior	Derecho	*	3	1
	Izquierdo	*	1	0
Insula	Derecho	*	3	2
	Izquierdo	13	3	4
Núcleo Lentiforme	Derecho	13	2	2
	Izquierdo	Globo pálido Lateral	1	2
Clastrum	Izquierdo	Putamen	2	1
	Derecho	*	0	2
Giro Cingulado	Derecho	*	2	0
	Izquierdo	23/ 32	1	1
Giro Parahipocampal	Derecho	24 / 32	1	1
	Izquierdo	28	1	1
Tálamo	Izquierdo	Dorsal medial	0	1
Uncus	Derecho	36	0	1

Nota. Frecuencia representa el número aproximado de sujetos que presentaron activaciones en cada zona cerebral. Letras negras en áreas de Brodmann representan áreas de activación de grupo alto.

Tabla 6. Frecuencia de Activación para la condición B

Region	Hemisferio	Áreas de Brodmann	Frecuencias	
			Bajos	Altos
Giro Frontal inferior	Izquierdo	9,45,46,47 / 9,47	5	5
	Derecho	9,45 / 9,44,47	6	9
Giro Frontal medial	Izquierdo	6,9,10,11	9	9
	Derecho	6,9,10,11,46	10	9
Giro Precentral Frontal	Izquierdo	6,9	5	9
	Derecho	6,9	5	1
Giro Frontal Superior	Izquierdo	6, 10,11 / 6,11	5	5
	Derecho	6,11 / 10,11	5	6
Giro Orbital	Derecho	11		1
Subgiro frontal	Izquierdo	6	1	0
Giro Fusiforme Temporal	Izquierdo	19	0	1
Giro Temporal Medial	Izquierdo	39 / 21, 39	1	3
	Derecho	20,21,39	0	3
Giro Temporal Superior	Izquierdo	22 / 22,38	2	2
	Derecho	22, 38,42	3	2
Giro temporal inferior	Izquierdo	21 / 37	1	1
Giro supramarginal	Izquierdo	40	8	8
	Derecho	40	5	0
Giro Angular	Derecho	39	2	0
Precuneus	Izquierdo	7	2	2
	Derecho	7	1	2
Lóbulo Parietal Superior	Izquierdo	7	1	9
	Derecho	7	4	3
Giro postcentral	Izquierdo	1,2,3,5 / 2,3	5	6
	Derecho	2,3 / 1,5, 40,43	2	4
Giro Occipital Inferior	Izquierdo	24 / 17,18	0	2
	Derecho	18 / 19	1	1
Giro Occipital Medial	Izquierdo	18 / 18,19	2	4
	Derecho	18,19	0	3
Giro Fusiforme Occipital	Izquierdo	18 / 18,19	1	2
Giro occipital Superior	Izquierdo	19	0	1
Giro Lingual	Izquierdo	17	1	0
	Derecho	17	1	0
Cuneus	Izquierdo	17	0	1
	Derecho	18	1	2
Cerebelo Anterior	Derecho	*	1	3
Tonsil cerebelar	Izquierdo	*	4	1
	Derecho	*	4	3
Culmen	Izquierdo	*	0	3
	Derecho	*	1	3
Declive	Izquierdo	*	0	2
	Derecho	*	4	5
Giro inferior semilunar	Izquierdo	*	2	0
	Derecho	*	3	2
Piramide del cerebelo	Izquierdo	*	1	2
	Derecho	*	1	1
Tuber posterior del cerebelo	Izquierdo	*	1	2
	Derecho	*	2	0
	Derecho	*	3	2
Insula	Izquierdo	*	1	2
	Derecho	*	1	1
Tuber posterior del cerebelo	Izquierdo	*	1	1
	Derecho	*	2	1
Uvula Posterior	Izquierdo	*	4	0
	Derecho	*	1	0
Insula	Izquierdo	13	5	1
Núcleo Lentiforme	Derecho	Putamen / globo pálido	1	1
Clastrum	Derecho	*	1	0
	Izquierdo	*	0	1
Giro Cingulado	Izquierdo	24	1	0
	Derecho	30,31	2	0
Giro Parahipocampal	Izquierdo	19, 30	0	2
	Derecho	19,39,35 / 30	2	1
Uncus	Derecho	20	1	0
Caudado	Derecho	Caudate Tail	1	1
	Izquierdo	Cuerpo Caudado	0	3
Clastrum	Derecho	*	1	0

Nota. Frecuencia representa el número aproximado de sujetos que presentaron activaciones en cada zona cerebral.

Letras negras en áreas de Brodmann representan activaciones de grupo alto.

Como podemos ver en la Tabla 7 y 8 en la condición C y D al igual que en las condiciones anteriores la mayor frecuencia de activación se concentra en áreas correspondientes a Lóbulo frontal y en giro postcentral en ambos grupos.

En relación con diferencias de frecuencia entre los grupos, en la Tabla 7 observamos que en la tarea C (Número-significado) es notoria la diferencia en giro supramarginal. El grupo Bajo presenta mayor frecuencia de activación en hemisferio derecho comparado con el grupo Alto. Situación que también se ha presentado en condiciones anteriores, además, se observan diversas activaciones de cerebelo, como podemos ver en la Tabla 7 y 8 que corresponden a la condición C y D respectivamente, el grupo Bajo presenta una frecuencia de activación muy grande en Tonsila de cerebelo derecho lo cual no se observa en el grupo Alto, ni se había observado tal nivel de frecuencia en otras condiciones.

Finalmente en la Tabla 8 en la condición D (Número-cantidad, condición en donde se espera interferencia de números) observamos que se mantiene un patrón similar a la condición C, sin embargo, aquí se observan diferencias particularmente en áreas de giro frontal medial izquierdo, con mayor frecuencia de activación para el grupo Alto, y al igual que en la condición C observamos diferencia en giro supramarginal con mayor frecuencia en el grupo Bajo, pero en este caso tal diferencia ocurre en ambos hemisferios.

Tabla 7. Frecuencia de Activaciones para la condición C

Region	Hemisferio	Áreas de Brodmann	Frecuencias	
			Bajos	Altos
Giro Frontal inferior	izquierdo	9, 45, 47 / 9,44,	9	8
	Derecho	9,10,45,47 / 9, 47	9	7
Giro Frontal medial	izquierdo	6,9,10,46	10	7
	Derecho	6,9,10,46	13	13
Giro Precentral Frontal	izquierdo	6/ 6, 44	4	8
	Derecho	44/ 6	1	1
Giro Frontal Superior	izquierdo	9,10,11 / 6,11	4	7
	Derecho	8,10,11 / 6,8,10,11	9	9
Subgiro Frontal	izquierdo	6	1	0
Giro Temporal Inferior	izquierdo	20	1	3
	Derecho	19,20,37 / 20,37	2	7
Giro Fusiforme Temporal	izquierdo	20,37	3	0
	Derecho	20	1	0
Giro Temporal Medial	izquierdo	21	3	3
	Derecho	20,21 / 21	4	4
Giro Temporal Superior	izquierdo	22,38,41 / 22, 38,39	8	5
	Derecho	22,38,42 / 22,38	7	7
Giro Temporal transversal	izquierdo	41,42	2	0
Giro supramarginal	izquierdo	40	11	12
	Derecho	40	13	7
Giro Angular	Derecho	39	0	1
Giro parietal postcentral	izquierdo	2, 40 / 3, 43	5	3
	Derecho	2,3,5 / 40	3	1
Precuneus	izquierdo	19 / 7, 19	3	2
	Derecho	7 / 7, 19	2	2
Lóbulo Parietal Superior	izquierdo	7	2	0
	Derecho	7	3	0
Giro Occipital Inferior	izquierdo	18	2	1
Giro Occipital Medial	izquierdo	19	3	1
	Derecho	19	1	1
Giro Lingual	izquierdo	18	0	1
Cuneus	Derecho	19	0	1
Cerebelo Anterior	izquierdo	*	2	0
	Derecho	*	1	0
Tonsil cerebelar (Cerebelo posterior)	Derecho	*	10	4
	izquierdo	*	3	1
Culmen	izquierdo	*	1	0
	Derecho	*	0	1
Declive Cerebelo	izquierdo	*	0	1
	Derecho	*	4	4
Lóbulo Inferior Semilunar	izquierdo	*	3	1
	Derecho	*	3	3
Piramide del cerebelo	izquierdo	*	4	4
	Derecho	*	3	3
Tuber posterior del cerebelo	izquierdo	*	2	3
	Derecho	*	3	1
Uvula Posterior	izquierdo	*	0	1
	Derecho	*	2	2
Insula	izquierdo	13	2	1
	Derecho	13	4	3
Núcleo Lentiforme	Derecho	Putamen	0	1
	izquierdo	Globo pálido	0	1
Caustrum	Derecho	*	2	1
	izquierdo	*	2	1
Giro Cingulado	izquierdo	24	2	0
	Derecho	32	2	0
Cingulo posterior	izquierdo	30	1	0
	Derecho	30	1	0
Cingulado anterior	izquierdo	32	0	1
Giro Parahipocampal	Derecho	19, amigdala	0	2
Cerebro Medio	Derecho	19	1	0
Tálamo	izquierdo	*	0	1
Uncus	Derecho	*	0	2
Caudado	izquierdo	*	0	1
	Derecho	*	3	0
Hipocampo	izquierdo	*	1	0

Nota. Frecuencia representa el número aproximado de sujetos que presentaron activaciones en cada zona cerebral. Letras negras en áreas de Brodmann representan activaciones de grupo alto.

Tabla 8. Frecuencia de activaciones para la condición D

Region	Hemisferio	Áreas de Brodmann	Frecuencias	
			Bajos	Altos
Giro Frontal inferior	izquierdo	9, 47 / 9	6	5
	Derecho	9,47	6	8
Giro Frontal medial	izquierdo	6,47 / 6, 9, 10,47	5	9
	Derecho	6,9,10,46	10	9
Giro Precentral Frontal	izquierdo	6,44	5	5
	Derecho	6,44	5	4
Giro Frontal Superior	izquierdo	6,9,10,11 / 6, 10	4	4
	Derecho	8,9,10 / 9, 10, 11	4	4
Giro Temporal Inferior	izquierdo	20	1	1
	Derecho	20,37	2	2
Giro Fusiforme Temporal	izquierdo	37	0	1
	Derecho	20 / 20, 37	1	3
Giro Temporal Medial	izquierdo	21 / 21, 37	4	7
	Derecho	20,21 / 21, 22, 38	4	3
Giro Temporal Superior	izquierdo	22, 38	2	4
	Derecho	13, 21, 22,38 / 22	4	4
Subgiro Temporal	Derecho	20, 37	0	2
Giro supramarginal	izquierdo	40	10	3
	Derecho	40	5	1
Giro parietal postcentral	izquierdo	2 / 1, 2	9	9
	Derecho	2 / 40	4	1
Precuneus	izquierdo	7	1	1
Lóbulo Parietal Superior	izquierdo	7	5	3
	Derecho	7	1	2
Giro Occipital Superior	Derecho	19	1	0
Giro Occipital Inferior	izquierdo	18	1	0
	Derecho	18	1	0
Giro Occipital Medial	izquierdo	19	1	2
	Derecho	19	1	0
Giro Fusiforme Occipital	izquierdo	19	1	0
Cuneus	izquierdo	18	0	2
	Derecho	18	1	1
Cerebelo Anterior	izquierdo	*	2	0
	Derecho	*	1	4
Tonsil cerebelar (Cerebelo posterior)	Derecho	*	10	4
	izquierdo	*	6	1
Culmen	izquierdo	*	0	2
	Derecho	*	0	3
Declive Cerebelo	izquierdo	*	0	1
	Derecho	*	2	3
Fastigium	Derecho	*	1	0
Lóbulo Inferior Semilunar	izquierdo	*	0	3
	Derecho	*	0	0
Piramide del cerebelo	izquierdo	*	1	2
	Derecho	*	2	0
Piramide del Vermis	izquierdo	*	1	0
	Derecho	*	1	0
Tuber posterior del cerebelo	izquierdo	*	1	2
	Derecho	*	3	0
Uvula Posterior	izquierdo	*	1	0
	Derecho	*	1	1
Nodulo Cerebelar	Derecho	*	0	1
Insula	izquierdo	13	3	2
	Derecho	13	2	3
Núcleo Lentiforme	Derecho	Putamen	1	1
	izquierdo	Putamen	1	1
Clastrum	Derecho	*	2	1
	izquierdo	*	2	2
	Derecho	24, 32	2	0
Cingulado anterior	izquierdo	36	1	0
	Derecho	10,32	0	1
Giro Parahipocampal	Derecho	Amigdala	0	2
Cerebro Medio	izquierdo	Núcleo Rojo	1	0
		Núcleo lateral posterior/ Ventral		
Tálamo	izquierdo	posterior	1	1
	Derecho	Nucleo medial	2	0
Uncus	izquierdo	28	1	0
Caudado	izquierdo	*	3	0
	Derecho	*	2	1
Hipocampo	izquierdo	*	1	0

Nota. Frecuencia representa el número aproximado de sujetos que presentaron activaciones en cada zona cerebral. Letras negras en áreas de Brodmann representan activaciones de grupo alto.

6.3.2 Activaciones de cada condición por grupo.

En este análisis de segundo nivel se realizó la comparación de medias de activaciones cerebrales de cada condición por grupo, por tanto lo que obtuvimos fue un promedio de activaciones de cada grupo (Alto y Bajo) para cada una de las condiciones (A, B, C, D).

Respecto a la condición A (Palabra-significado), en la Tabla 9 podemos observar que en general, el grupo Alto muestra activaciones Fronto parietales. Mostrando como activación principal en precuneus derecho, también se presentan activaciones de giro supramarginal de ambos hemisferios, aunque la mayor activación se encuentra en hemisferio izquierdo. En el caso de las activaciones frontales, giro frontal inferior y giro frontal medial, ambas son unilaterales derechas, mientras que las parietales tienden a ser bilaterales. Por el contrario, en la Tabla 10 podemos ver que en el grupo Bajo las activaciones corresponden en mayor medida a áreas de cerebelo y subcorticales. La activación principal se observa en Cerebelo anterior derecho, seguido por la activación de la ínsula, con una predominancia unilateral izquierda. Esto puede ser claramente observado en la Figura 9.

Respecto a la condición B (Palabra-color), en la Tabla 8 podemos observar que el grupo Alto mantiene un patrón un tanto similar a la condición anterior, con activaciones generales fronto-parietales, con activación principal en Giro supramarginal izquierdo, seguido de activación de cerebelo, específicamente zonas correspondientes al Tuber Derecho; respecto a las activaciones frontales, éstas son principalmente derechas y corresponden básicamente a giro frontal medial y frontal inferior, además, aunque en menor medida, observamos activaciones de cerebelo posterior y ganglios basales (Caudado bilateral).

Al igual que el grupo anterior, los sujetos con rendimiento Bajo muestran activaciones en áreas de cerebelo y de ganglios basales, en la Tabla 10 podemos observar que este grupo presenta como activación principal una región

del cerebelo que corresponde a Tonsila Derecha, seguida de la activación del Caudado cuya activación, a diferencia del grupo alto, es unilateral izquierda. En su mayoría, el resto de las activaciones para este grupo son frontales, con actividad bilateral en frontal inferior y unilateral izquierda del giro frontal medial. En la Figura 10 se pueden observar de forma clara estas activaciones.

Para la condición C (Número-significado), en la Tabla 9 observamos que el grupo Alto presenta actividad principal en giro angular derecho y giro supramarginal izquierdo, además los resultados muestran activaciones en algunas zonas de cerebelo (Tonsila derecha, Tuber izquierdo) y en menor medida activación de regiones correspondientes a ganglios basales (núcleo lentiforme izquierdo).

En el grupo Bajo (Tabla 10) observamos como activación principal un área correspondiente a cerebelo, específicamente Tonsila derecha, seguida de activación frontal derecha (giro frontal inferior), se observan además otras activaciones en áreas como Giro fusiforme (derecho), tálamo izquierdo y Giro Cingulado derecho. Por tanto podemos ver que a diferencia del grupo Alto (con activaciones principalmente en áreas parietales inferiores) el grupo Bajo mantiene activaciones en mayor medida de cerebelo, fronto-temporales y a algunas subcorticales (Figura 11).

Finalmente respecto a la condición D (Número-cantidad) en la Tabla 9 observamos que el grupo Alto presenta activaciones principalmente de zonas Frontales, principalmente giro frontal superior izquierdo seguido de activación en nódulo del cerebelo derecho, el resto de activaciones corresponden a parietal superior (derecho) así como, frontal inferior y medial izquierdo y derecho respectivamente. Aquí es importante mencionar que el grupo Bajo mostró en general una menor cantidad de zonas de activación, y como se puede observar en la Tabla 10, las áreas que participan corresponden en mayor medida a cerebelo, en específico se observa actividad en Declive Derecho, con participación, aunque en menor grado, de Tonsila cerebelar izquierdo, además

presentan activación bilateral de la Ínsula. Las actividades mencionadas respecto a esta condición también pueden ser observadas en la Figura 12.

Tabla 9 . Activaciones de cada condicion para grupo Alto

Task	Localización						Localizacion	Área de Brodmann
	Clúster	<i>z</i> máxima	x	y	z	Hemisferio		
A	475	6,553	26	-48	-50	Derecho	Precuneus	7
	1532	4,364	-46	-32	46	Izquierdo	Giro Supramarginal	40
	172	2,752	50	12	18	Derecho	Giro frontal inferior	44
	120	2,692	38	-56	46	Derecho	Giro Supramarginal	40
	115	2,341	-38	-64	-30	Izquierdo	Tuber Cerebelar	*
	24	2,158	34	4	62	Derecho	Giro Frontal Medial	6
	1	1,962	42	48	14	Derecho	Giro Frontal medial	11
B	1821	5,428	-42	-32	46	Izquierdo	Giro Supramarginal	40
	1089	4,597	38	-60	-30	Derecho	Tuber Cerebelar	*
	270	4,008	38	-56	50	Derecho	Lóbulo Parietal Superior	7
	234	3,429	58	12	34	Derecho	Giro Frontal Medial	9
	19	2,595	34	24	2	Derecho	Giro Frontal inferior	47
	2	1,819	-26	-44	14	Izquierdo	Caudado	*
	1	1,706	34	-40	6	Derecho	Caudado	*
C	602	5,386	34	-60	38	Derecho	Giro angular	39
	3206	5,146	-46	-48	50	Izquierdo	Giro Suramarginal	40
	524	4,129	38	-60	-34	Derecho	Tonsila Cerebelar	*
	160	2,702	-46	-64	-30	Izquierdo	Tuber	*
	16	2,326	-14	-8	-6	Izquierdo	Nucleo Lentiforme	Globo palido
	9	1,991	34	20	-10	Derecho	Giro Frontal inferior	47
D	1097	4,276	-26	-4	70	Izquierdo	Giro Frontal superior	6
	365	3,458	10	-64	-26	Derecho	Nodulo Cerebelar	*
	180	3,139	42	-56	58	Derecho	Lóbulo parietal superior	7
	112	2,935	-58	8	26	Izquierdo	Giro Frontal inferior	9
	56	2,393	58	12	34	Derecho	Giro Frontal Medial	9
	47	2,248	34	4	66	Derecho	Giro Frontal Medial	6
	11	2,065	-54	-68	-10	Izquierdo	Giro Occipital Medial	19
	21	2,053	-26	8	-2	Izquierdo	Núcleo Lentiforme	Putamen
	2	1,746	-46	4	-6	Izquierdo	Giro Temporal superior	22

p<.05

Tabla 10 . Activaciones de cada condicion para grupo Bajo

Task	Localización						Localizacion	Área de Brodmann
	Cluster	z máxima	x	y	z	Hemisferio		
A	113	2,76	18	-60	-26	Derecho	Cerebelo Anterior	Dentado
	8	2,424	-38	8	18	Izquierdo	Insula	13
	11	2,122	-42	-56	-26	Izquierdo	Tuber	*
	10	2,007	-34	16	-6	Izquierdo	Giro Frontal inferior	47
	4	1,9	-34	-68	-42	Izquierdo	Lobulo inferior semilunar	*
	1	1,657	-22	-72	-38	Izquierdo	Lobulo inferior semilunar	*
B	423	3,675	26	-52	-34	Derecho	Tonsila Cerebelar	*
	8	2,775	-22	-36	18	Izquierdo	Caudado	*
	38	2,698	-34	0	22	Izquierdo	Giro Precentral	6
	41	2,296	34	24	-6	Derecho	Giro Frontal inferior	47
	8	1,82	-38	28	14	Izquierdo	Giro Frontal Medial	46
	1	1,698	-34	16	-6	Izquierdo	Giro Frontal inferior	47
C	428	4,786	42	-56	-38	Derecho	Tonsila Cerebelar	
	566	3,563	34	24	-10	Derecho	Giro Frontal inferior	47
	215	3,433	-34	0	22	Izquierdo	Giro Precentral	6
	13	3,079	58	-36	-22	Derecho	Giro Fusiforme	20
	68	2,466	-18	-24	10	Izquierdo	Tálamo	Pulvinar
	10	2,282	10	24	30	Derecho	Giro Cingulado	32
	31	2,221	-42	44	6	Izquierdo	Giro Frontal medial	46
	7	1,826	22	8	6	Derecho	Núcleo Lentiforme	Putamen
2	1,752	-54	-48	-22	Izquierdo	Tuber		
D	218	3,929	10	-64	-22	Derecho	Declive	
	98	2,893	-46	4	14	Izquierdo	Insula	13
	53	2,184	-34	-60	-34	Izquierdo	Tonsila Cerebelar	
	3	1,993	38	8	18	Derecho	Insula	13

p<.05

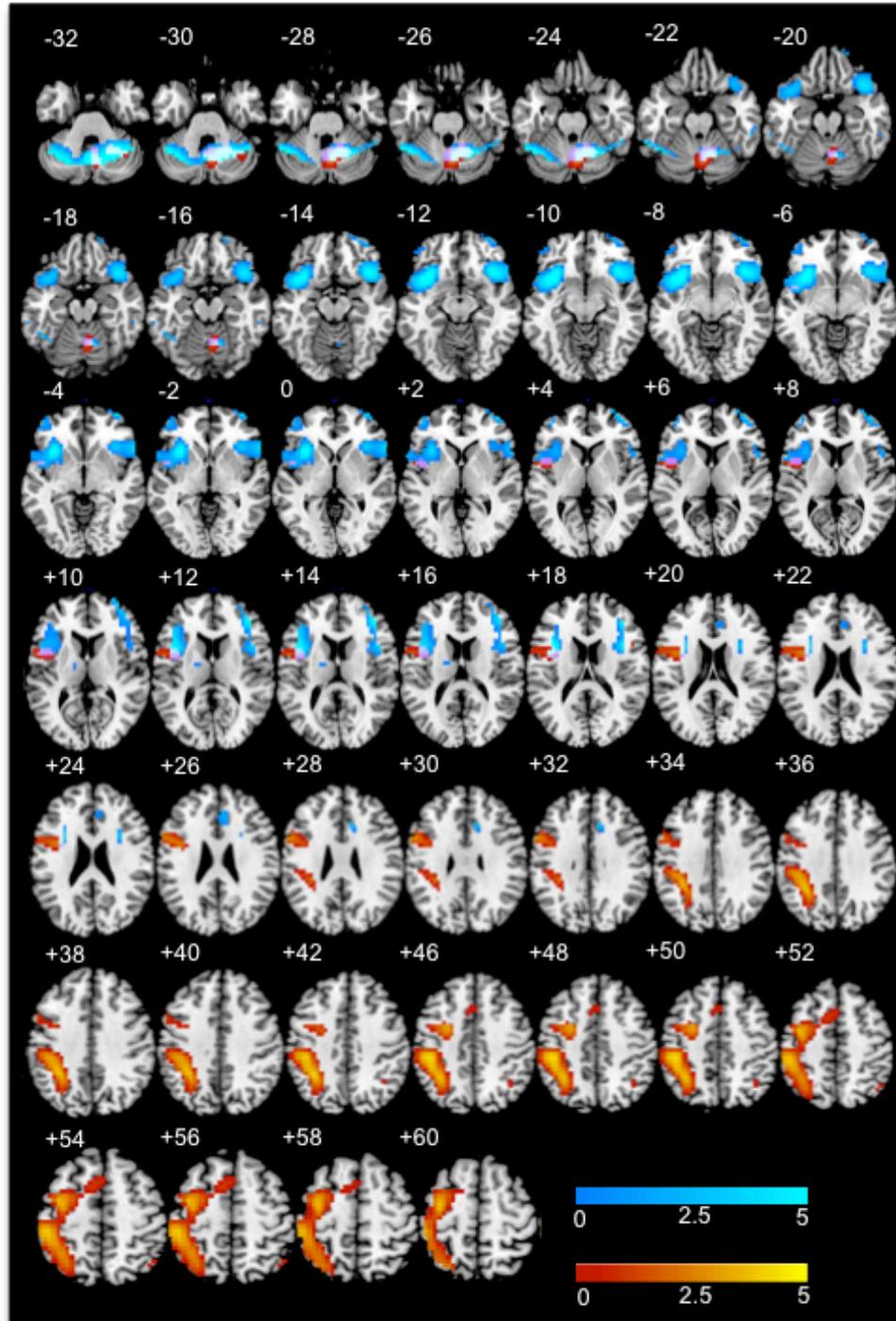


Figura 9. Neuroimagen funcional para la condición A (Stroop Palabra-significado). Vista neurológica (izquierda – derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de Alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de Bajo rendimiento.

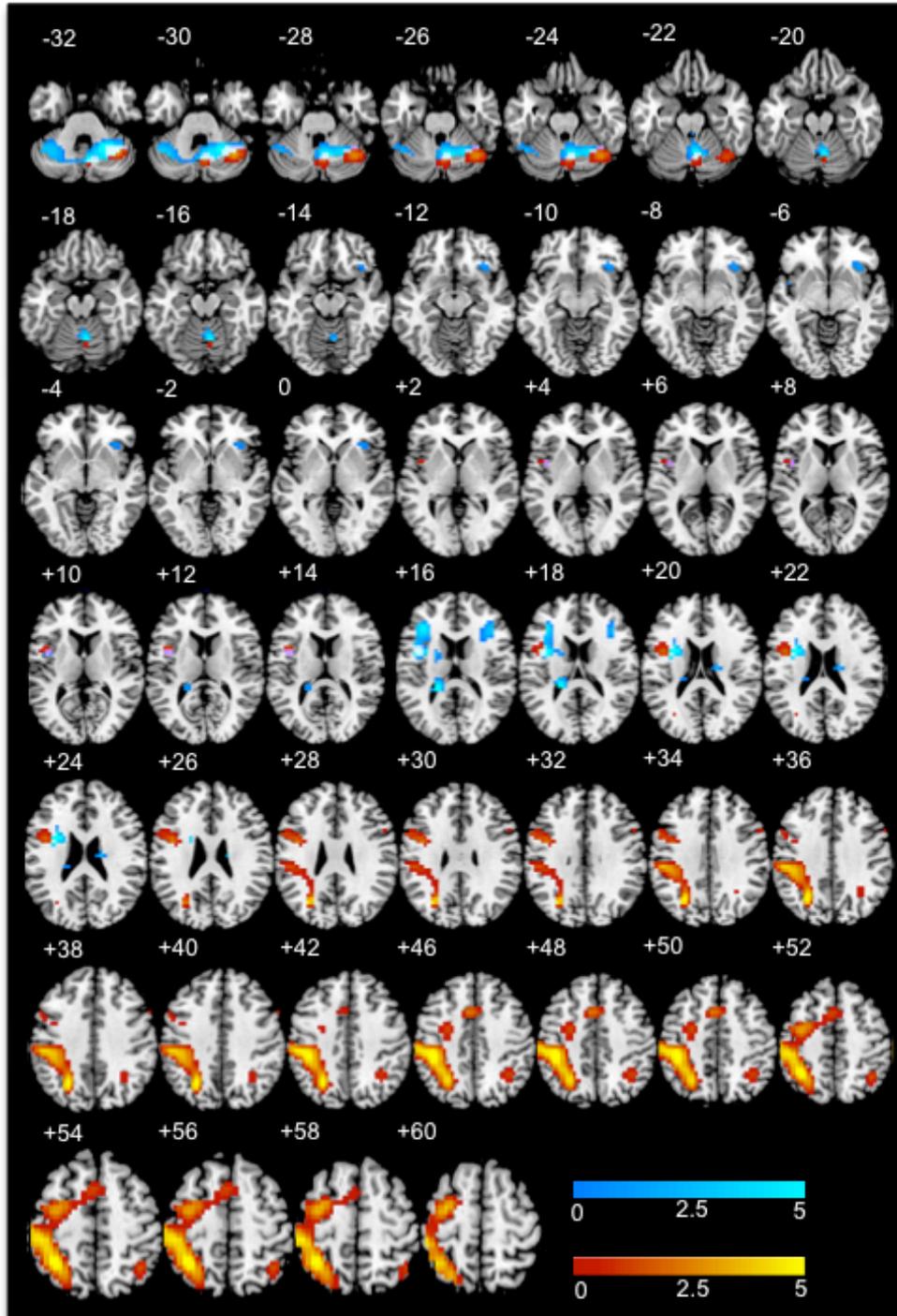


Figura 10. Neuroimagen Funcional para la condición B (Stroop Palabra-color). Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento

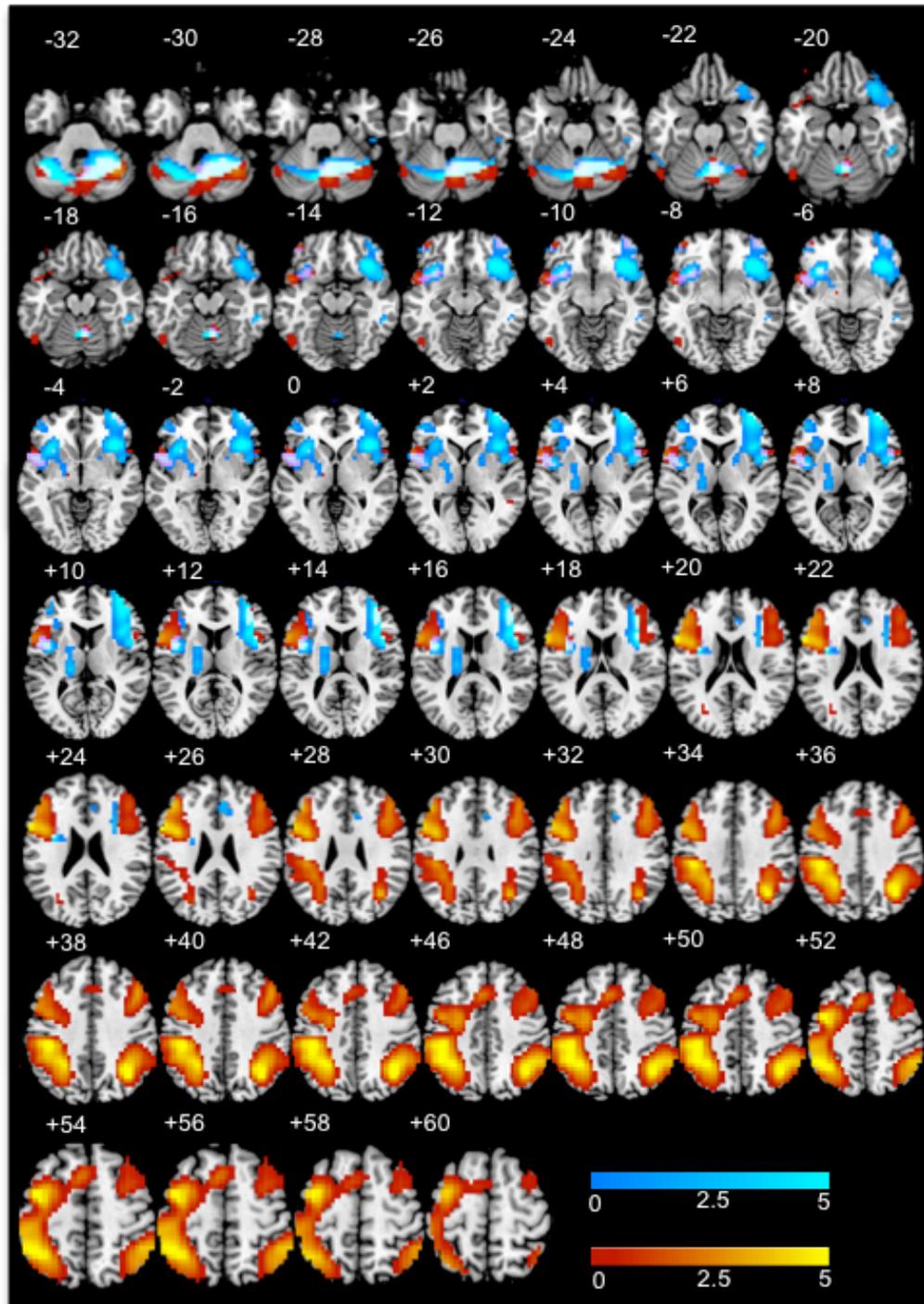


Figura 11. Neuroimagen Funcional para la condición C (Stroop Número-significado). Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento.

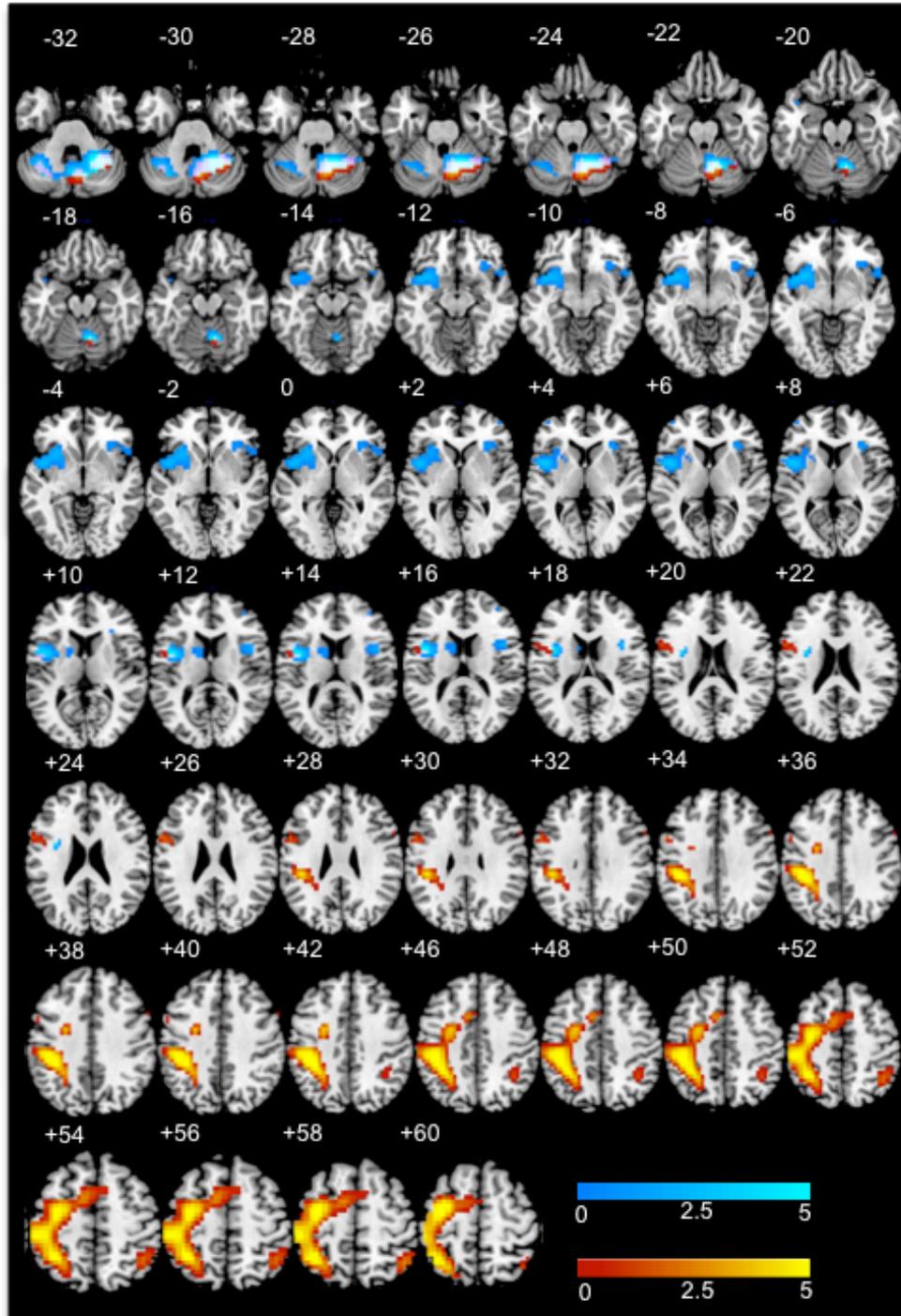


Figura 12. Neuroimagen Funcional para la condición D. Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento.

6.4.3 Análisis entre condiciones intragrupo

En este análisis de segundo nivel, se realiza la comparación de las condiciones AB, CD, AC y BD dentro de cada grupo (Alto y Bajo), de dicho análisis obtuvimos las diferencias significativas de activación cerebral entre las condiciones antes mencionadas para cada uno de los grupos.

En la comparación A-B y C-D se propuso explorar como componente cognitivo de interés la interferencia que supuestamente generarían las tareas de significado sobre procesos menos automatizados como la atención al color o a la cantidad, en la comparación C-D existe la atención al significado del número pero sin un componente de lectura, que precisamente, es donde esperábamos encontrar las principales diferencias entre los grupos. Se decidió analizar además, las comparaciones A-C y B-D con el objetivo de tener un análisis global y contar con la mayor información posible. De tal manera que en el caso de A-C el componente cognitivo de interés fue el reconocimiento simbólico de las palabras y los números; finalmente B-D en donde ambas tareas corresponden a la parte diseñada para la interferencia, ya que implicarían procesos menos automatizados que la atención al significado.

Como resultado de tal análisis encontramos diferencias significativas en todas las condiciones con excepción de la comparación A-C que en el grupo Bajo no muestra diferencias además, es importante mencionar que éste grupo presenta un menor número de activaciones principalmente en las comparaciones C-D y B-D.

Respecto a la comparación A-B en la Tabla 11 observamos como en el grupo alto se encuentran diferencias significativas con una activación principal específicamente en giro lingual derecho y subcalloso. Así como, en Núcleo caudado derecho, el resto de las activaciones corresponde a zonas frontales y parietales. En el grupo Bajo como se puede apreciar en la Tabla 12 encontramos como activación principal el cíngulo anterior derecho, seguido de activaciones de

caudado bilateral, el resto de activaciones corresponden a giro frontal y temporal inferior tanto izquierdas como derechas.

Las activaciones para la condición A-B para grupo Alto y Bajo también pueden ser observadas en la Figura 13 que se presenta a continuación.

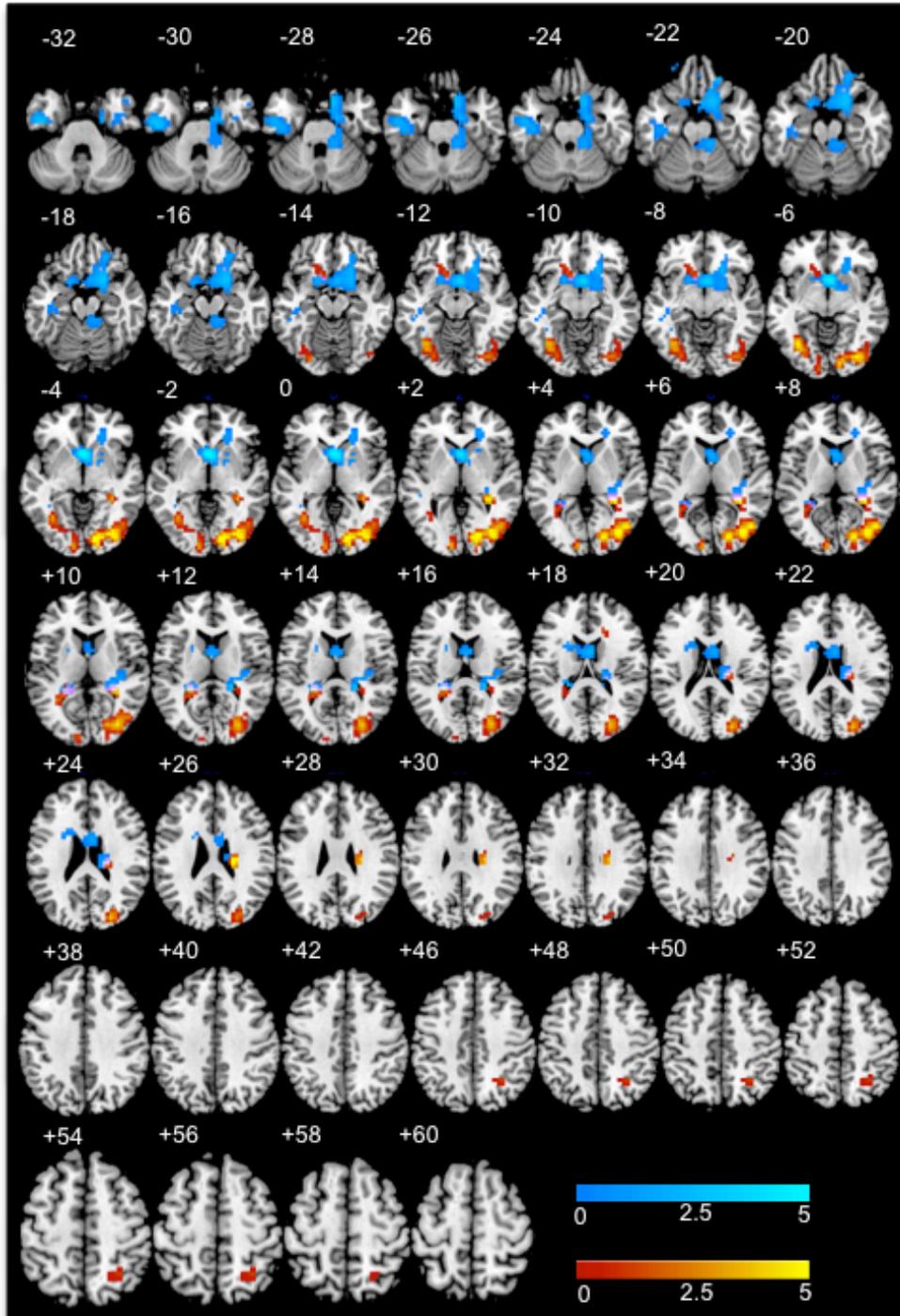


Figura 13. Imágenes Funcionales como resultado de la comparación A-B (Stroop Palabras). Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de Alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de Bajo rendimiento.

Respecto a la comparación CD (Tabla 11) en el grupo alto se encuentra como área de activación principal al Cíngulo anterior derecho así como, áreas de corteza frontal, Giro precentral y giro frontal medial (izquierdo en ambos casos) y regiones correspondientes a lóbulo temporal como giro parahipocampal e insula izquierda, en esta condición no se observan activaciones de cerebelo específicamente en este grupo.

Como podemos observar en la Tabla 12, en el grupo bajo solo se encuentra una zona de activación que corresponde a núcleo caudado derecho. En la Figura 14 que se muestra enseguida, se pueden apreciar de manera general las activaciones principales en esta condición CD.

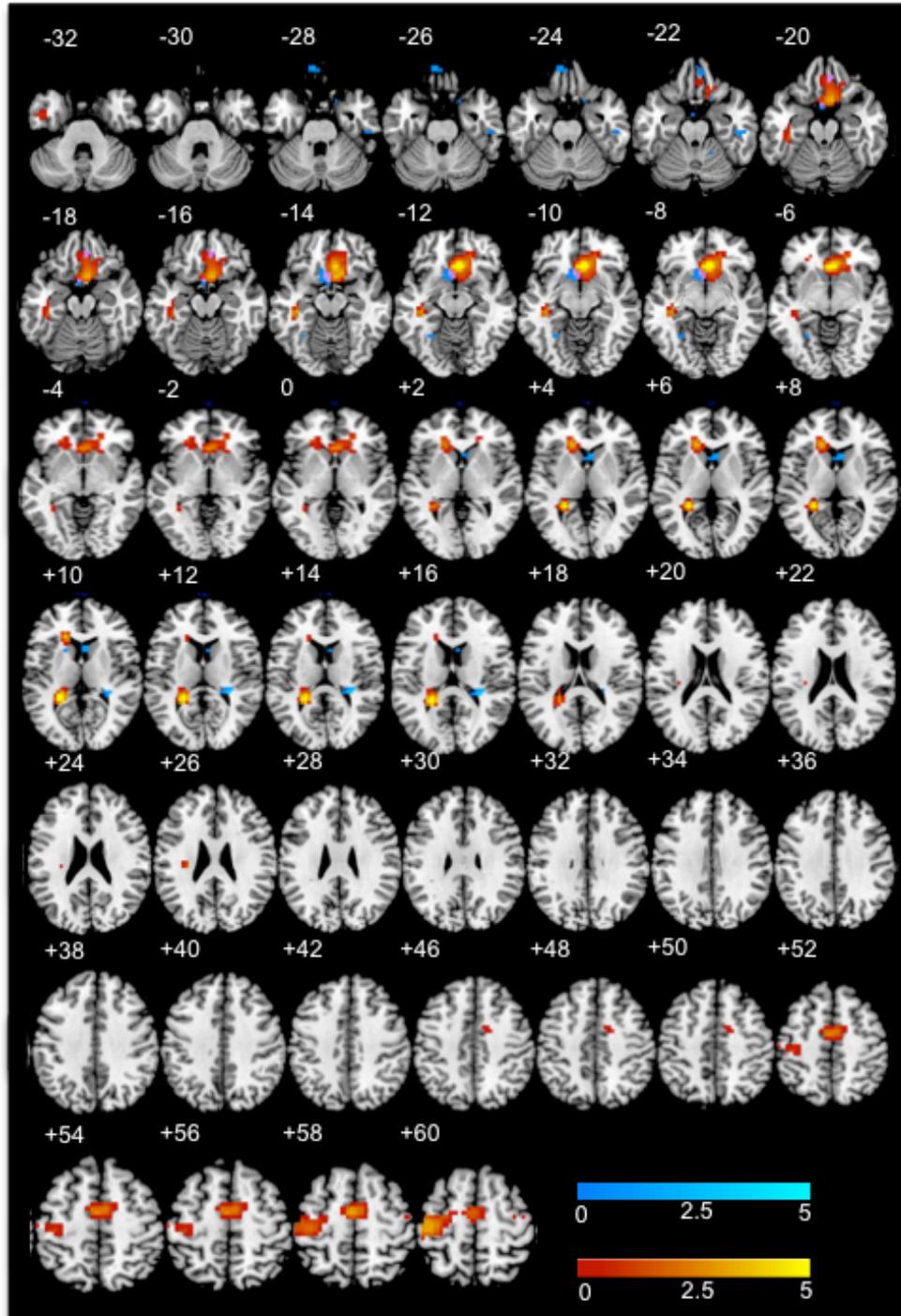


Figura14. Imágenes Funcionales como resultado de la comparación CD (Stroop números). Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento.

Respecto a la comparación AC sólo haremos mención al grupo alto puesto que, como se mencionó anteriormente el grupo bajo no obtuvo diferencias significativas en ésta comparación, por tanto, en el grupo alto se observan (Tabla 11) diferencias principalmente en zonas de cerebelo, particularmente en Tonsila derecha, seguida de activaciones fronto-mediales bilaterales, así como, giro supramarginal izquierdo. Después de las tablas podrán apreciarse las figuras con las imágenes de activación correspondiente a esta condición (Figura 15).

Finalmente en la comparación BD en la Tabla 11 podemos observar que el grupo alto presentó diferencias de activación principalmente en regiones fronto mediales (izquierdo) y de giro supramarginal izquierdo, además de algunas activaciones en cerebelo y giro frontal superior izquierdo. En el grupo bajo se encuentra una única activación (Tabla 12) que corresponde a giro temporal inferior derecho (Figura 16).

Tabla 11. Resultados del análisis entre condiciones Intra grupo. Grupo Alto

Condiciones	Localización					áreas cerebrales		Área de Brodmann
	Clúster	<i>z</i> máxima	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	Hemisferio	Localización	
AB	2686	4,126	18	-88	-2	Derecho	Giro lingual	17
	334	2,939	-14	20	-10	Izquierdo	Giro subcalloso	47
	72	2,851	18	24	18	Derecho	Caudado	Cuerpo Caudado
	4	2,066	50	36	30	Derecho	Giro Frontal Medial	9
	12	1,817	-58	-28	42	Izquierdo	Giro postcentral	2
	5	1,810	62	-24	46	Derecho	Giro postcentral	2
	1	1,660	30	-40	-22	Derecho	Culmen	*
CD	150	2,823	2	24	-10	Derecho	Cingulado Anterior	32
	105	2,402	-38	-16	66	Izquierdo	Giro precentral	6
	37	2,202	-2	-8	58	Izquierdo	Giro Frontal medial	6
	15	2,196	-38	-28	-14	Izquierdo	Giro parahipocampal	36
	3	1,968	-30	-24	26	Izquierdo	Insula	13
	5	1,884	34	-8	70	Derecho	Giro precentral	6
	3	1,698	-46	-4	-34	Izquierdo	Giro temporal inferior	20
AC	643	3,656	38	-56	-34	Derecho	Tonsila Cerebelar	*
	35	3,432	46	4	58	Derecho	Giro frontal medial	6
	167	3,346	-38	0	62	Izquierdo	Giro frontal medial	6
	56	2,644	-50	-32	58	Izquierdo	Giro supramarginal	40
	61	2,498	2	16	46	Derecho	Giro frontal medial	6
	65	2,426	2	-28	-6	Derecho	Mesencefalo	Nucleo rojo
BD	257	3,606	-42	0	58	Izquierdo	Giro Frontal medial	6
	166	3,535	-50	-36	58	Izquierdo	Giro supramarginal	40
	65	3,034	46	4	58	Derecho	Giro Frontal medial	6
	275	3,024	38	-56	-34	Derecho	Tonsila Cerebelar	*
	73	2,436	-2	12	50	Izquierdo	Giro frontal superior	6
	2	1,684	-34	-64	-30	Izquierdo	Tuber	*

$p < .05$

Tabla 12. Resultados del análisis entre condiciones Intra grupo. Grupo Bajo

Condiciones	Localización							
	Clúster	<i>z</i> máxima	Coordenadas			áreas cerebrales		Área de Brodmann
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	Hemisferio	Localizacion	
AB	44	2,356	2	12	-2	Derecho	Cingulo anterior	25
	5	2,279	-26	-40	14	Izquierdo	Caudado	Cola
	2	1,916	22	-24	22	Derecho	Caudado	Cuerpo
	15	1,865	-46	-12	-30	Izquierdo	Giro temporal inferior	20
	32	1,842	22	12	-18	Derecho	Giro frontal inferior	47
	3	1,797	22	-36	14	Derecho	Caudado	Cola
	4	1,767	18	-8	-30	Derecho	Uncus	36
	1	1,766	22	36	-22	Derecho	Giro frontal inferior	11
	1	1,702	2	0	18	Derecho	Caudado	Cuerpo
CD	5	1,906	30	-36	14	Derecho	Caudado	Cola
BD	20	2,189	54	-40	-18	Derecho	Giro Temporal inferior	37

$p < .05$ Nota. AC sin diferencias de activación significativas.

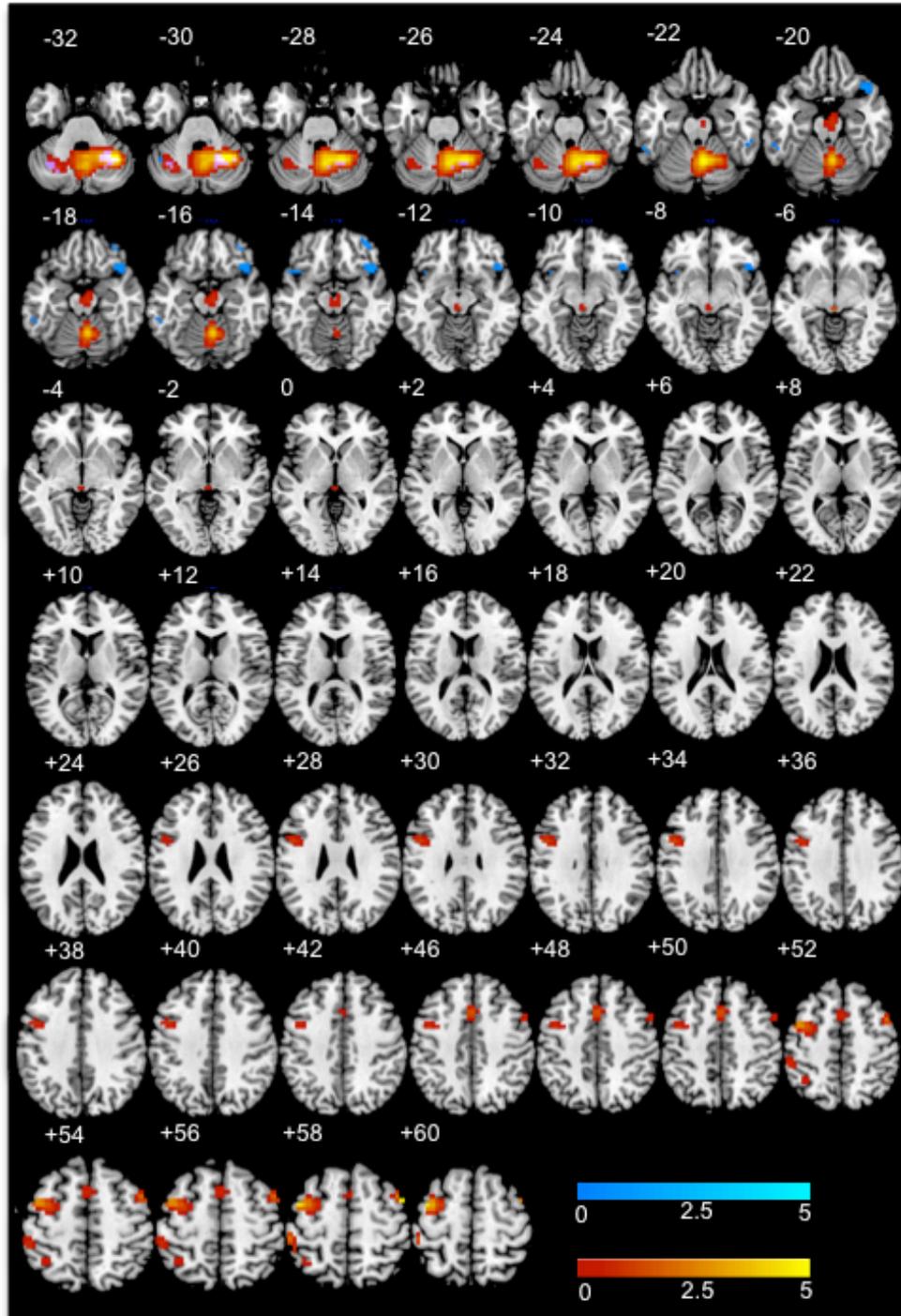


Figura 15. Imágenes Funcionales como resultado de la comparación AC. Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento.

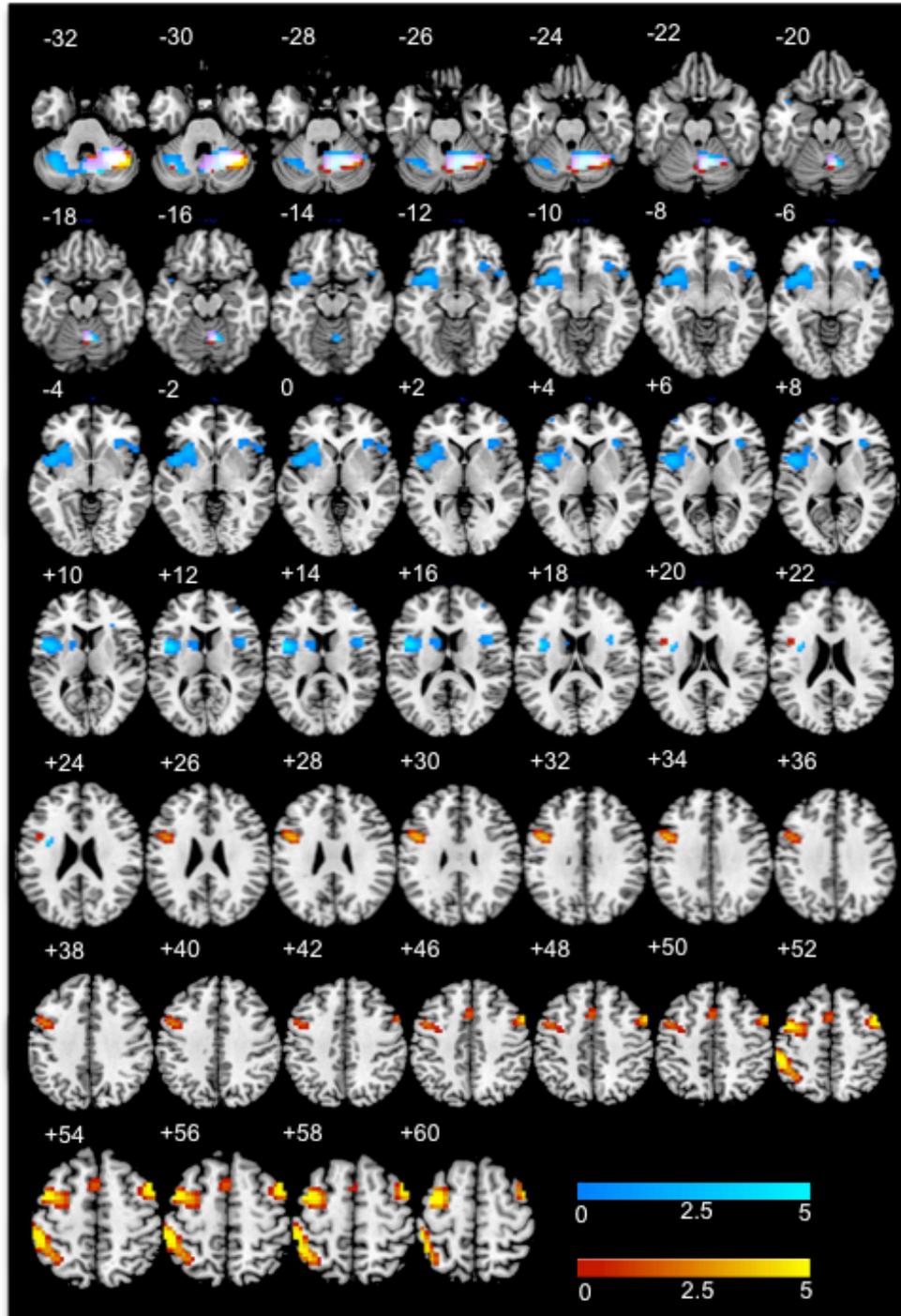


Figura 16. Imágenes Funcionales como resultado de la comparación CD. Vista neurológica (izquierda– derecha), los números negativos y positivos en la imagen representan la altura de los cortes cerebrales en el eje Z (inferior a superior). Los colores rojo a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de alto rendimiento. Los colores azul a blanco representan la activación estadística (Z) del grupo de bajo rendimiento.

7. Discusión

El objetivo principal de esta investigación fue observar la diferencia tanto conductual como neurofuncional ante una tarea de interferencia en adultos jóvenes con bajo y alto rendimiento ortográfico. Además, como un segundo objetivo se intenta corroborar la relación entre rendimiento ortográfico y lectura, observando específicamente el factor relacionado con velocidad lectora. Tanto ortografía como velocidad lectora actualmente se consideran factores importantes para el establecimiento y desarrollo de la lectura y por ende de la escritura, ya que se ha observado que estas características se ven afectadas en sujetos con dificultades en lecto-escritura, como la dislexia principalmente en ortografías transparentes, e incluso, algunos estudios en adultos encuentran que las dificultades ortográficas y la velocidad en la lectura se mantienen como rasgos esenciales, siendo en particular la ortografía la que resulta alterada en el caso de adultos (Hatcher, Snowling, & Griffiths, 2002; Re, et al, 2011; Tops, et al, 2012; Undheim, 2009; Warmington, Stothard & Snowling, 2013). Motivo por el cual nuestros grupos fueron integrados de acuerdo a esta característica fundamental.

De la misma manera, se ha propuesto que estos fallos (ortográficos y velocidad lectora) se deben probablemente a un solo mecanismo, que se relaciona con el acceso rápido y eficiente a almacenes léxicos que nos permiten la eficiente integración visual de las palabras con información lingüística y por tanto el reconocimiento automático de palabras, el cual, aparentemente no es establecido en los sujetos con dificultades lo que les impide finalmente el logro de la automatización lectora.

En este estudio y basándonos en la idea de la automatización, utilizamos la tarea tipo Stroop palabras como una medida de automaticidad de lectura, esperando observar diferencias tanto conductuales como neurofuncionales entre nuestros dos grupos, además, como se puede observar a lo largo de este

trabajo, se utilizó una segunda tarea de interferencia que no implica la lectura de palabras, con el interés fundamental de determinar si las diferencias observadas se debían únicamente a automatización en lectura de palabras (diferencias entre los grupos sólo en la tarea Stroop palabras), o si bien, como se ha planteado en diversos estudios existe una dificultad generalizada en cuanto a control cognitivo en estos sujetos.

Por tanto en este proyecto la hipótesis central fue que se encontrarían diferencias tanto conductuales como neurofuncionales en la tarea que implicaba la lectura de palabras (stroop palabras). Conductualmente, esperábamos menores tiempos de respuesta (menor interferencia) en los sujetos con bajo rendimiento, puesto que entre mejores sean las habilidades lectoras habrá mayor interferencia, por tanto, si consideramos que nuestro grupo bajo representa un grupo con deficiente automatización en reconocimiento de palabras, esperaríamos menor grado de interferencia en la tarea que implica este proceso, al mismo tiempo, esperábamos diferencias a nivel cerebral, menor activación de áreas de corteza prefrontal específicamente Corteza cingulada Anterior (zona ampliamente vinculada con tareas de interferencia), es decir, estos sujetos presentarían diferencias exclusivamente en esta tarea (stroop palabras) por un déficit en automatización en el reconocimiento de palabras pero no necesariamente por un problema generalizado de control ejecutivo o control inhibitorio.

En cuanto a la relación entre rendimiento ortográfico y velocidad lectora, se realizó una comparación de medias en donde efectivamente encontramos diferencias significativas entre los grupos, con un menor número de palabras leídas por minuto en los sujetos del grupo bajo comparado con el grupo alto, se muestra por tanto una estrecha relación entre ortografía y velocidad lectora, en donde el grupo con bajo rendimiento en ortografía presentó también lentitud en la lectura, resultado que va de acuerdo con lo propuesto por autores como Landerl (2001), Goswami (2008), Van der Leij & Van Daal (1999), entre otros, quienes señalan que en ortografías transparentes, la conversión grafema-

fonema no representa un problema fundamental puesto que con la escolarización logra ser compensado, por tanto, estos sujetos no presentan problemas en eficiencia lectora, sin embargo, no logran realizar una lectura rápida como el resto de sus pares.

Consideramos pues que nuestros resultados apoyan la hipótesis sobre la presencia de un único mecanismo vinculado con el reconocimiento automático de palabras que afecta tanto a la velocidad como al reconocimiento ortográfico.

Y el hecho de que nuestros sujetos efectivamente muestren estos dos rasgos lo confirma. Además al encontrar que nuestros sujetos presentan dificultades ortográficas y en velocidad de lectura respondemos a uno de nuestros objetivos iniciales, que en la etapa adulta permanece la afectación en reconocimiento automático de palabras el cual puede ser observado a través de los componentes antes mencionados (velocidad y ortografía), esta relación ha sido argumentada previamente por autores como Landerl (2001), que si bien, sus resultados no son tomados de población adulta, sin embargo, si sugiere que los déficit ortográficos se deben a la incapacidad para desarrollar un lexicón intenso que permite el acceso rápido a la representación ortográfica, por lo cual tenemos sujetos que presentan una escritura fonológicamente correcta pero ortográficamente incorrecta.

Cabe mencionar que aunque se encontraron diferencias significativas respecto a velocidad no ocurrió así para comprensión de lectura, por tanto el hecho de que estos sujetos sean lentos para leer, no afecta necesariamente el rendimiento en comprensión, al menos ante textos sencillos.

Como parte de la evaluación individual previo a la sesión de resonancia, se administró un test de Funciones Ejecutivas (*Wisconsin Card Sorting Test*), los resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos, en general con un menor rendimiento en el grupo bajo, cometen un mayor número de errores y logran alcanzar menos categorías. Estos resultados son similares a los reportados por otros autores, en estudios realizados principalmente con sujetos

con dislexia, en los cuales, encuentran un menor rendimiento en número de errores y categorías alcanzadas, por lo que sugieren que estos sujetos requieren de un mayor número de ensayos para encontrar, mantener y cambiar la estrategia comparado con sujetos controles (Turid & Asbjornsen, 2000), esto pudiera relacionarse con dificultades en componentes básicos de las funciones ejecutivas como control inhibitorio, sin embargo no podemos determinarlo porque éste test no se considera una medida directa de inhibición, es importante señalar que efectivamente los grupos muestran un compartamiento distinto, requiriendo de mayores ensayos para encontrar y mantener el set.

Respecto a los resultados de las tareas realizadas dentro del resonador, es importante mencionar, que las principales diferencias se esperaban en las siguientes comparaciones AB (Stroop Palabras) y CD (Counting Stroop) puesto que, en la comparación de estas condiciones observaríamos el grado de interferencia, además, como se comentó al inicio de éste apartado nos planteamos que la interferencia sería menor en el grupo bajo en la comparación AB, esto, siguiendo la idea de que a mayor automatización en el reconocimiento de palabras la interferencia sería mayor, por lo cual, si esto no está establecido tendremos poca interferencia (Samuels, 1999).

Sin embargo, al revisar los datos conductuales, nos dimos cuenta que no se logró la interferencia, es decir, en general en una tarea de éste tipo esperaríamos que los tiempos de reacción en la condición B ó D respectivamente fueran mayores que los de la condición A ó en su caso C, lo que ocurre normalmente cuando se administra en sujetos normales, pero en este caso no se observa esta tendencia para ninguno de los dos grupos analizados.

Creemos que esto pudo ocurrir como consecuencia de la adaptación realizada para las condiciones de Resonancia, puesto que, en primer lugar y debido a las características del resonador, en cada condición se utilizaron muy pocos estímulos (10 por condición) lo cual pudo provocar que al menos conductualmente (en los TR) no se observará dicho efecto. Aunado a esto, en el último piloto, se rechazó la idea de un efecto de aprendizaje, en cambio,

sugerimos la posibilidad de un efecto de adaptación a los estímulos, por lo que se realizó la modificación y reorganización de estímulos (combinando tanto congruentes como incongruentes al significado), sin embargo, creemos que a pesar de que se modificó la presentación de éstos es posible que dicho efecto se haya mantenido en algunos sujetos.

Cabe mencionar que este último piloto se llevó a cabo por modificaciones técnicas en el resonador, las cuales por un lado nos permitieron incluir más bloques en la tarea, pero a su vez, nos llevó a disminuir el número de estímulos por lo que se pudo ver afectado el efecto de interferencia.

Aun así, obtuvimos datos de interés en cuanto a la ejecución de estas tareas. Como resultado del análisis multivariado se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las tareas, principalmente en tiempos de reacción y en la cantidad de respuestas correctas entre las condiciones correspondientes a la tarea de Stroop palabra y Stroop números, con menores tiempos de reacción para ambos grupos en Stroop números comparado con la tarea de palabras, es decir, en los dos grupos hubo un menor número de errores en la tarea de números así como menores tiempos de reacción (en las dos condiciones que correspondían a esta tarea C,D) comparado con la tarea Stroop palabras, asumimos que esto pudo ocurrir porque la tarea en general fue más sencilla.

Sin embargo, respecto a tiempos de reacción se encontró un efecto significativo entre grupos; el grupo con bajo rendimiento ortográfico obtuvo mayores tiempos de reacción en las cuatro condiciones en comparación con el grupo alto, con lo cual se demuestra, que los sujetos que presentan bajo rendimiento en ortografía también presentan una marcada lentitud al responder las dos tareas de conflicto que se les presentaron.

Si bien, es cierto que no logramos observar interferencia, por lo cual no fue posible dar respuesta a nuestro segundo objetivo (determinar si el efecto de interferencia es mayor o menor en el grupo con bajo rendimiento ortográfico) en

cambio, sí fue posible observar las diferencias generales en cuanto a eficiencia y tiempos de reacción en ambos grupos, a grandes rasgos encontramos que estos sujetos con bajo rendimiento presentan mayores tiempos de reacción comparado con el grupo alto, por tanto, son lentos en sus respuestas y aunque esa lentitud es generalizada para las cuatro condiciones, es aún mayor ante la tarea de palabras, e incluso, a pesar de que aparentemente la tarea de números fue más sencilla para ambos grupos, el grupo bajo presenta mayores tiempos de reacción.

A pesar de que esta situación es distinta a la planteada como objetivo, consideramos que estos resultados son congruentes con otros estudios realizados principalmente en sujetos con dislexia a los cuales se les administró la tarea tipo Stroop, en ellos encuentran que los sujetos con dificultades son más lentos comparados con los controles, esto se observa aun en condiciones neutrales o incongruentes, por lo que se ha planteado que esto puede deberse a fallos a nivel de control inhibitorio (Everatt, Warner & Miles, 1997; Faccioli, et al, 2008; Protopapas, Archonti & Skaloumbakas, 2006).

Finalmente se realizó el análisis de resonancia, como parte del objetivo final que fue comparar las diferencia en respuesta BOLD en las dos tareas de interferencia; tales diferencias se esperaban en áreas de corteza prefrontal, en específico en corteza cingulada anterior región que ha sido vinculada con tareas que involucran el monitoreo de conflicto (Carter & Van Veen, 2007). Como hipótesis propusimos una menor activación de ésta región en sujetos con rendimiento bajo en la tarea de palabras, mientras que en la tarea que no implica lectura no se observarían diferencias de activación en ambos grupos (rendimiento alto y bajo).

Sin embargo, contrario a lo propuesto encontramos algunas diferencias de activación para las dos tareas. En cuanto a la Tarea Stroop palabras la cual estaba integrada por la condición A y B (Significado y denominación de color), en general el grupo alto muestra activaciones principales en áreas del giro lingual derecho y giro subcalloso izquierdo, así como, caudado derecho, mientras que el

grupo bajo presenta como activación principal áreas correspondientes a cíngulo anterior derecho y Caudado bilateral, además de giro temporal inferior izquierdo y frontal inferior derecho.

Como podemos observar en el caso del grupo alto no se encuentran activaciones ampliamente relacionadas con tareas de interferencia, a excepción de la activación subcallosa que suele estar vinculada con control cognitivo, por el contrario, las áreas con activación máxima se han relacionado en mayor medida con funciones de lenguaje, por lo cual podríamos sugerir que las activaciones encontradas se relacionan fundamentalmente con el proceso de reconocimiento de palabras en sí, más que con la presencia de interferencia, o que al menos esta tarea no represento un amplio conflicto por lo cual los recursos que este grupo requiere para dar respuesta a la tarea son distintos y de menor esfuerzo para lograr el control inhibitorio y solucionarla.

En cambio en el grupo bajo, observamos como activación principal una de las zonas que ha sido reportada por diversos autores como área de activación ante la generación de conflicto (Botnick, Barch, Carter, & Cohen, 2001; Brown et al., 1998; Bush et al., 1998; Hall et al., 2008; Peterson et al., 1999; Whalen et al., 1998) quienes reportan activación principal de corteza cingulada anterior, además de la activación de redes frontoparietales.

El grupo bajo también presenta importantes activaciones de ganglios basales específicamente caudado, cabe mencionar, que aunque ésta área no suele ser reportada en tareas de conflicto, en diversos estudios se reporta una relación estrecha con áreas prefrontales así como, su participación en memoria de trabajo y razonamiento abstracto (Melrose, Poulin, & Stern, 2007) además, se sugiere que esta estructura está involucrada en la inhibición de planes de acción, presentando mayor activación cuando el sujeto bloquea una acción que debería ser realizada de manera automática, esto, sin importar si el estímulo es verbal o no (Ali, Green, Kherif, Devlin, & Price, 2010; Li, Yan, Sinha, & Lee, 2008). Lo que pudiera sugerir que en éste grupo a pesar de que sus datos conductuales no presentan una interferencia, en términos de actividad cerebral la tarea les

representa mayor dificultad, que en el caso del grupo alto, de tal manera que hicieron uso de recursos extras para lograr la inhibición de la respuesta automática y dar respuesta a la tarea. Lo cual podría explicar en cierta medida el uso de mayores tiempos de reacción en los hallazgos conductuales.

En el caso de la comparación CD relacionada con la tarea de números observamos un patrón distinto, aquí el grupo alto presenta activaciones de áreas vinculadas con la interferencia, como cíngulo anterior derecho, giro precentral bilateral, giro parahipocámpico e ínsula ésta última entre otras cosas se ha demostrado que posee un importante papel en atención selectiva (Corbetta, 1991). Además, es importante mencionar que algunas de las activaciones encontradas son similares a las encontradas por Bush, et. al (1998) en la tarea de counting Stroop, como es el caso de Cíngulo anterior, giro frontal medial y precentral, las cuales son las más significativas en este caso. De tal manera que el grupo alto en términos de actividad cerebral se comporta de la misma manera que como se reporta en otros estudios en donde efectivamente se observa interferencia y una situación de conflicto.

Esto no ocurre en el grupo bajo, en donde solo se obtiene una activación predominante en Caudado Derecho, el cual como se mencionó antes se ha relacionado con memoria de trabajo además de inhibición de respuesta, asumiendo por tanto, que si bien, estos sujetos no muestran activaciones relacionadas con monitoreo de conflicto, hacen uso de recursos distintos para llegar a la resolución de la tarea y requieren probablemente de un esfuerzo mayor para inhibir la respuesta automática por lo cual observamos que predomina la activación de un área vinculada en cierta medida con este proceso lo cual le permite dar respuesta aunque probablemente con un doble esfuerzo.

Además de las comparaciones hasta aquí descritas y como ya se explicó en el apartado de resultados se realizaron las comparaciones de las condiciones AC y BD, en el caso de AC relacionado con reconocimiento de palabras y números no se encuentran activaciones significativas en el caso del grupo bajo.

En el grupo alto se encuentran activaciones primordialmente de cerebelo, giro frontal medial bilateral y giro supramarginal izquierdo, consideramos que en general éstas activaciones pudieran estar relacionadas con el reconocimiento de palabras y números, algunas de las áreas mencionadas también se han vinculado con procesos atencionales y de planificación motora.

Respecto a la comparación de las condiciones B y D estas dos condiciones corresponden a la parte de interferencia de cada una de las tareas; en el grupo alto encontramos activaciones principalmente en áreas frontales-parietales, principalmente activaciones de frontal medial izquierdo, frontal superior izquierdo así como, giro parietal inferior izquierdo (supramarginal), estas áreas en general han sido reportadas como áreas de activación en tareas tipo Stroop, giro frontal medial como se mencionó en el apartado anterior se ha vinculado sobre todo con planificación motora. No obstante aparece activación de una zona correspondiente a cerebelo anterior, sobre la cual es importante mencionar que en algunos estudios como el de Egner & Hirsch, (2005) refieren que se observan activaciones en esta zona vinculadas con activaciones fronto mediales izquierdas, frontal superior y supramarginales derechas cuando ocurre un efecto de adaptación al conflicto, en base a esto podemos sugerir que esta comparación puede a su vez estar reflejando este efecto, lo cual es acorde con los resultados obtenidos sobre todo en la tarea de palabras en el grupo alto en donde no se observa la presencia de conflicto, sin embargo no contamos con información suficiente para confirmarlo.

Por el contrario en esta misma comparación el grupo bajo solo muestra una activación significativa correspondiente a giro temporal inferior. Es importante hacer mención que esto no representa la inexistencia de otras activaciones sino que, el área presentada es la que obtuvo mayor significancia al realizar la comparación. Estas condiciones BD si bien fueron diseñadas para generar interferencia ambas implican denominación tanto de palabras como de números, de tal manera que la activación observada pudiera estar relacionada con el procesamiento visual de estos, o con un proceso de acceso léxico-

semántico (Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2009), por tanto, sugerimos que en este grupo de rendimiento bajo al comparar estas dos condiciones más que predominar el conflicto, prevalece una estrategia relacionada con un procesamiento de reconocimiento visual.

Aunque lo que se describió hasta este momento representa el análisis de máximo interés para esta investigación, se realizaron distintos análisis con el objetivo de obtener mayor información sobre el funcionamiento cerebral de los grupos a comparar.

De acuerdo con las activaciones más frecuentes observadas en cada grupo en la condición A el grupo alto a diferencia del grupo bajo presentó mayor frecuencia en giro frontal inferior, mientras que el grupo bajo mostró una frecuencia mayor en giro supramarginal derecho, así como, en zonas correspondientes a cerebelo, no obstante, al realizar la comparación promedio para cada grupo observamos que en particular en el grupo bajo el giro supramarginal no supera los umbrales de activación para esta tarea, en cambio, si permanecen las activaciones de cerebelo anterior e ínsula, áreas que se han vinculado con diversas funciones incluso atencionales y de lenguaje, en el caso del cerebelo se menciona que juega un rol crucial para lograr la fluidez lectora, e incluso se han encontrado diferencias en la activación en esta zona en sujetos que presentan dificultades lectoras aunque los resultados aún no son determinantes se considera que juega un rol importante (Stoodley, & Stein, 2013). Si bien, esto podría explicar las áreas activadas en esta condición (ya que está relacionada en mayor medida con lectura o reconocimiento de palabras), particularmente en el grupo bajo, podemos únicamente aludir a la idea de que este grupo utiliza estrategias compensatorias, y acude a distintas áreas cerebrales para lograrlo.

Respecto a la condición B en ambos grupos se observan frecuencia de activaciones en áreas que corresponde a zonas frontales, principalmente frontal medial además de giro supramarginal, pero hay algunas diferencias entre grupo alto y bajo, por ejemplo, en el grupo alto hay mayor número de sujetos que

presentan activaciones en frontal inferior derecho, y de lóbulo parietal superior, áreas que han sido ampliamente reportadas en la tarea tipo Stroop relacionada directamente con inhibición de palabras, y nuevamente el grupo bajo presenta mayor frecuencia de activaciones en giro supramarginal hemisferio derecho, lo cual al igual que en el apartado anterior consideramos se pudiera relacionar con la estrategia utilizada para la lectura de palabras, aparecen además una importante cantidad de activaciones en zonas de cerebelo. Al realizar el promedio de activaciones para esta condición encontramos como dato de interés que el grupo bajo mantiene activaciones predominantes en zonas correspondientes a cerebelo aunado a participación de ganglios basales, Tonsila y caudado respectivamente, que como, se mencionó en otros apartados participan en cuestiones atencionales, lenguaje y en el caso de caudado se habla de su participación en inhibición y razonamiento (Ali, Green, Kherif, Devlin, & Price, 2010; Li, et al, 2008; Corbetta, 1991).

Para la condición C en relación a la frecuencia nuevamente observamos la participación de giro supramarginal izquierdo y derecho en grupo bajo y destacan las activaciones de cerebelo especialmente Tonsila. Al realizar las comparaciones por condición, el grupo alto presenta mayores umbrales de actividad en giro supramarginal izquierdo y giro angular, áreas que se vinculan con distintos aspectos del lenguaje, y su vez con procesamiento numérico específicamente el giro angular considerado una zona heteromodal, con participación en aspectos semánticos, atencionales entre otros (Seghier, 2013).

Considerando que esta tarea esta fundamentalmente relacionada con la lectura o denominación de números creemos que las activaciones neurales presentadas por este grupo corresponde a la tarea a realizar. Por el contrario en el grupo bajo predominan nuevamente activaciones de cerebelo (Tonsila) seguida de área frontal inferior hemisferio derecho, giro fusiforme, tálamo, y ganglios basales, por lo que podemos observar que continua con el uso de recursos distintos para la resolución de esta condición. Con una mayor utilización de áreas subcorticales en comparación con el grupo alto.

Finalmente en la condición D, tarea vinculada con interferencia de números, observamos que en el grupo alto predominan áreas frontales, principalmente Frontal superior Izquierdo, Frontal medial y Frontal inferior, todas reportadas en tareas de interferencia, algunas con mayor participación en planificación motora o detección del error, de acuerdo a lo que se reporta en algunos estudios como el realizado por Leung, Skudlarski, Gatenby, Peterson & Gore (2000), por tanto, tales activaciones se encuentran dentro de lo esperado, no obstante, en el grupo bajo continua un patrón similar a las condiciones previamente descritas, en este caso, encontramos mayores activaciones de cerebelo e ínsula sin participación de zonas corticales.

Como se ha comentado a lo largo de esta discusión actualmente hay evidencia de que estructuras como cerebelo están asociadas a múltiples funciones de lenguaje orientación atencional, entre otras, ocurriendo algo similar con la ínsula que incluso se ha relacionado con funciones como memoria de trabajo (Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993) y atención selectiva (Corbetta, et al, 1991), y en algunos estudios se ha reportado actividad de esta zona en algunas versiones de tareas tipo Stroop. Pero, en este caso, creemos importante destacar en términos generales que el grupo bajo hace un mayor uso de áreas subcorticales y de cerebelo para dar solución a las tareas, es decir, si bien logra resolverlas parece que el recurso que utiliza a nivel neuronal es distinto al grupo alto, esto pudiera explicar por qué en general su rendimiento conductual presenta mayor lentitud, que no afecta a la eficiencia pero si a la rapidez de la respuesta. Esto quizás pudiera ocurrir porque le requiere un doble esfuerzo, ya que debe realizar el reconocimiento visual de estímulos y a su vez lograr un adecuado control inhibitorio.

8. Conclusiones

En esta investigación se compararon en general dos grupos de adultos jóvenes seleccionados en base a su rendimiento ortográfico, en los cuales de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación fue posible corroborar la presencia de un déficit en velocidad de lectura lo que concuerda con la información propuesta en distintas investigaciones en las cuales se plantean puntos como:

1. El déficit primordial en sujetos con dificultades lectoras que pertenecen a ortografías transparentes no son aquellos relacionados con decodificación, ya que debido a la gran correspondencia grafema-fonema en estas lenguas, dicho déficit es compensado en los primeros años de instrucción escolar, sin embargo, permanece un déficit en velocidad lectora y fallos en el reconocimiento ortográfico.

2.- Tales fallos no logran ser compensados durante la etapa escolar y persisten hasta la etapa adulta. Esto se ha observado mediante amplias evaluaciones en escuelas de nivel superior y medio superior en lenguas con una ortografía transparente como el holandés, alemán y español.

3.- Estos fallos en el reconocimiento ortográfico y la velocidad lectora se asocian con un deficiente desarrollo o acceso a lexicones mnésicos en los cuales se guarda información lingüística (semántica, fonológica y ortográfica), la cual con la experiencia permite el rápido reconocimiento de las palabras.

Por lo que si bien, nuestros sujetos durante el desarrollo de este trabajo han sido descritos como sujetos con Bajo y Alto rendimiento en ortografía, de acuerdo a lo planteado con anterioridad se puede sugerir que éstos forman parte

de un grupo con dificultades de lectura no identificado. Aunque no es posible hacer uso de una prueba estandarizada para diagnosticar dislexia en jóvenes mexicanos, porque no existe, sí es posible establecer que presentan dos de los déficit considerados como centrales en el adulto disléxico: las pobres habilidades ortográficas y una baja velocidad lectora, la cual corresponde al nivel que establece la SEP para sexto grado.

En la presente investigación se decidió explorar las diferencias neurofuncionales en estos dos grupos ante la ejecución de dos tareas de interferencia una con palabras y otra con números, con el objetivo de diferenciar los procesos de control inhibitorio que involucra el procesamiento lector (afectado en el grupo Bajo) del control inhibitorio sin este proceso alterado.

Contrario a lo que se esperaba, en ninguno de los grupos o tareas se observó el clásico efecto de interferencia reportado en adultos normales, que implicaría un incremento en el tiempo de reacción ante la determinación del color o la cantidad. Esto pudo estar relacionado con la situación experimental, como el reducido número de estímulos que se presentaron en cada tarea, la situación experimental que implicó estar en posición horizontal e inmerso en un enorme tubo, emitiendo respuestas en una botonera situada sobre el estómago. Es importante además considerar que las versiones de Stroop usadas en investigaciones con fMRI, son muy variadas y diferentes a la de la presente investigación.

La ausencia de un claro efecto conductual de interferencia podría también estar relacionado con las características propias de cada grupo. Por un lado, los participantes del grupo Alto, son lectores expertos, presentan altas habilidades ortográficas, adecuada velocidad y comprensión lectora, lo que los hace un grupo de nivel superior al que suele estudiarse en la mayoría de las investigaciones, ya que en éstas se incluye comunmente a jóvenes considerados como típicos o promedio, sus habilidades desarrolladas para el procesamiento

de palabras podrían haber favorecido el cambio flexible de estrategia de atención al significado o al color alternativamente, sin que esto representara un costo en tiempo de respuesta o un esfuerzo sostenido de inhibición.

Por otra parte, los participantes del grupo Bajo, en quienes tampoco se observó un claro efecto de interferencia en ninguna de las tareas, se esperaba que hubiese una disminución o un nulo efecto de interferencia del significado de la palabra sobre la identificación del color, dadas sus bajas habilidades lectoras y pobre reconocimiento ortográfico. La ausencia del efecto de interferencia en la tarea de Stroop-Palabras era esperada, pero no se esperaba lo mismo para los números, se esperaba que en la tarea de Stroop-Números presentaran un similar proceso de interferencia al de los sujetos del grupo Alto. Aunque en términos de eficiencia de respuesta los grupos son muy similares, no lo son el tiempos de respuesta, ya que el grupo Bajo fue significativamente más lento en las dos tareas. Este resultado es acorde con investigaciones en sujetos con dislexia, que en tareas tipo Stroop encuentran mayores tiempos de reacción comparado con los controles, por lo cual se puede considerar que sí existe un fallo a niveles de control inhibitorio en estos sujetos, pero más generalizado de lo que se había considerado.

Aunque los grupos son similares en el patrón conductual de ejecución, en cuanto al procesamiento neurofuncional observado en la ejecución de las tareas de Stroop, sí se observan importantes diferencias en la activación de diferentes áreas cerebrales que podrían subyacer a las dificultades observadas en el grupo Bajo.

En el grupo Bajo observamos en términos generales, algunos patrones interesantes, por ejemplo, una activación mayor de estructuras subcorticales (caudado, ínsula) y de cerebelo en la mayoría de las condiciones. Lo que puede ser explicando en varios sentidos. En condiciones relacionadas con reconocimiento y lectura de palabras consideramos que estas estructuras

rebasan los umbrales de activación debido a la dificultad que la tarea les representa lo cual los lleva a reclutar redes y estructuras distintas.

Por otra parte, en las condiciones que se asume que requieren de mayores procesos de control inhibitorio y atencional, color y cantidad, también se observan activaciones significativas de áreas subcorticales como caudado, y cerebelo (Tonsila), es decir observamos un patrón similar al observado en las condiciones basales de atención al significado. Respecto a estas estructuras se sabe que, además de relacionarse con procesos de lenguaje y lectura, se relacionan con redes atencionales, en particular en el caso del caudado que en investigaciones recientes ha sido vinculado con procesos de inhibición. En este sentido podríamos asumir que los sujetos del grupo Bajo requieren de la participación de estas redes para llevar a cabo un proceso atencional más eficaz y de esta manera solucionar la tarea que se les presenta.

Sin embargo, es difícil determinar la participación específica de cada estructura con un proceso en particular o un momento determinado, dada la conocida baja resolución temporal de la técnica utilizada en este estudio de comparación de bloques, lo que es cierto, es que estos sujetos hacen uso en mayor medida de estructuras subcorticales comparado con los participantes de rendimiento Alto, tal vez como una manera de compensación, dada su dificultad para el reconocimiento de palabras, podría considerarse además que la ejecución de una tarea de este tipo implica para ellos un esfuerzo extra para mantener la atención selectiva y solucionarlas, lo que representaría un doble esfuerzo y vemos como resultado umbrales de activación distintos.

De manera concreta en el caso de las comparaciones realizadas en la tarea Stroop Palabras, el grupo Bajo muestra activaciones importantes de Corteza cingulada anterior, áreas fronto parietales y de caudado. Situación que no ocurre en los sujetos Altos, si bien esperábamos un resultado distinto, creemos que en el grupo Alto la tarea no represento un gran nivel de conflicto,

por lo cual presentaron menor activación en áreas relacionadas con este, sin embargo, para el grupo Bajo el conflicto estuvo presente de tal manera que las diferencias significativas se encontraron primordialmente en las zonas antes mencionadas y podrían ser la evidencia de que para el grupo Bajo la tarea representó un mayor grado de dificultad en comparación con el grupo Alto. En cambio, ocurre algo distinto en el caso de la tarea de interferencia con números en donde sí observaron más activaciones relacionadas con la detección de conflicto en el grupo Alto (particularmente activación de CCA), y en el grupo Bajo obtuvimos solo una activación relacionada con caudado. La activación máxima de una estructura subcortical que se ha asociado también con un proceso inhibitorio, podría sugerir que estos sujetos requieren del reclutamiento adicional de estructuras para lograr un adecuado proceso de control atencional y de inhibición.

El diferente patrón de activación de áreas cerebrales encontrado entre los grupos, no obstante la semejanza en la ejecución conductual, podría subyacer a las diferencias de procesamiento que conllevan a tener un rendimiento lector experto o deficiente. Adicionalmente, la activación de una red más extensa de áreas relacionadas con la atención podrían implicar otro déficit, más allá de sus dificultades lectoras.

Sin embargo, aún se requiere de mayores investigaciones para determinar las implicaciones de estas diferencias, tanto con el diseño de tareas más específicas con el procesamiento lector, como con distintos esquemas de análisis de los datos de imagen que permitan delimitar mejor las diferencias de procesamiento cerebral encontradas en los grupos, como la definición de Regiones de Interés o el uso de tareas relacionadas con eventos que podrían permitir una mayor relación temporal entre el procesamiento cerebral y conductual.

Este trabajo intenta aportar mayor información al estudio de las dificultades en lectoescritura en la etapa adulta, resaltando que los sujetos hispanohablantes presentan un déficit persistente en el procesamiento ortográfico y la velocidad lectora, al igual que lo reportado para aquellos provenientes de otras ortografías transparentes como el holandés, italiano o alemán. Existen diferencias neurofuncionales que subyacen a las diferencias en la experticidad lectora, con el reclutamiento de diferentes redes neurales para el procesamiento de tareas de control atencional e inhibición que involucran tanto palabras como estímulos no lectores.

9. Consideraciones éticas

Este proyecto fue realizado conforme a los lineamientos de la ley general de salud del estado Mexicano y de la declaración de Helsinki. Previo al inicio de la selección de la muestra este proyecto fue evaluado y aceptado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. Las técnicas utilizadas fueron de carácter no invasivo y no se administró ningún tipo de sustancia a los participantes.

Previo a cualquier evaluación o medición se les explicó a los sujetos en qué consistiría su participación y se les aclaró que no se pondría en riesgo de ninguna manera su integridad física y emocional, que no se les administrarían ninguna sustancia y que podrían desistir de su participación en cualquier momento. Además se les informó claramente sobre el procedimiento a seguir en la sesión de resonancia y en qué consistía esta técnica, además de que se les brindaron todas las reglas de seguridad para su ingreso a dicho estudio. Cada participante firmó un consentimiento informado sobre su participación en la presente investigación (Anexo3).

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altemeier, L., Jones, J., Abbott, R. D., & Berninger, V. (2006). Executive functions in becoming writing readers and reading writers: Note-taking and report writing in third and fifth graders. *Developmental Neuropsychology*, 29, 161–173.
- Ali, N., Green, D.W., Kheriff, F., Devlin, J.T., & Price, C.J. (2010). The role of the left head of caudate in suppressing irrelevant words. *Journal of cognitive neuroscience*, 22 (10), 2369-2386. doi: 10.1162/jocn.2009.21352.
- Ball, E. (1993). Phonological awareness: What's important and to whom? Reading and writing. *An interdisciplinary Journal*, 5, 141-159.
- Bandettini, P.A. (2009). Seven topics in functional magnetic resonance imaging. *Journal of Integrative Neuroscience*, 8 (3), 371-403.
- Barkley, R. (1997). Behavioural inhibition, sustained attention, and executive functions. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94.
- Beaton, A., McDougall, S., & Singleton, C. (1997). Dyslexia in literate adults. *Journal of Research in Reading (Special issue)*, 20(1), 1-83.
- Berninger, V., Abbott, R.D., Thompson, J., Wagner, R., Swanson, H.L., Wijsman, E., & Raskind, W. (2006). Modeling phonological core deficits within a working memory architecture in children and adults with developmental dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 10, 165–198. doi: 10.1207/s1532799xssr1002_3
- Berninger, V., Nielsen, K., Abbott, R.D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Writing problems in Developmental Dyslexia: Under-recognized

- and Under-Treated. *Journal of school Psychology*, 46 (1), 1-21. doi: 10.1016/j.jsp.2006.11.0008.
- Borella, E., Delaloye, C., Lecerf, T., Renaud, O., & Ribaupierre, A. (2009). Do age differences between young and older adults in inhibitory tasks depend on the degree of activation of information? *European Journal of Cognitive Psychology*, 21 (2), 445- 472. doi: 10.1080/09541440802613997
- Botnivick, M.M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108 (3), 624-652. doi: 10.1037/0033-295X.108.3.624.
- Botnivick, M.M., Cohen, J.D. & Carter, C.S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: An update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 539-546.
- Bravo, L. (1999). Lenguaje y Dislexia. Enfoque cognitivo del retardo lector. México: Alfaomega.
- Brocki, C.K., & Bohlin, G. (2004). Executive Function in children Aged 6 to 13: A dimensional y developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26 (2), 571-593.
- Brosnan, M., Demetre, J., Hamill, S., Robson, K., Shepherd, H., & Cody, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychology*, 40, 2144–2155. [http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00046-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00046-5).
- Brown, G.G., Kinderman, S., Siegel, G.J., Granholm, E., Wong, E.C., & Buxton, R.B. (1999). Brain activation and pupil response during overt performance of the Stroop color word task. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5, 308–319.

- Bruck, M.(1990). Word recognition skills of adults with childhood diagnoses of dyslexia. *Developmental Psychology*, 26, 439–454. doi: 10.1037/0012-1649.26.3.439.
- Bruck M. (1992) Persistence of dyslexic's phonological awareness deficits. *Developmental Psychology* 28(5), 874–886. doi:10.1037/0012-1649.28.5.874.
- Bruck M. (1993). Component spelling skills of college students with childhood diagnoses of dyslexia. *Learning Disability Quarterly*, 16, 171–184. doi: 148.202.168.13.
- Bush, G., Whalen, P.J., Rosen, B.R., Jenike, M.A., McInerney, S.C., & Rauch, S.L. (1998). The Counting Stroop: An Interference task specialized for functional neuroimaging-validation study with functional MRI. *Human Brain Mapping*, 6, 270–282.
- Buxton, R.B., Wong, E.C., & Frank, L.R. (1998). Dynamics of blood flow and oxygenation changes during brain activation. *Neuroimage*, 23 (1), 220-233. doi: 10.1002/mrm.1910390602.
- Cao, F., Bitan, T., Chou, T.L., Burman, D.D., Booth., & J.R. (2006). Deficient orthographic and phonological representations in children with dyslexia revealed by brain activation patterns. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(10), 1041-1050. doi: 10.1111/j.1469-7610.2006.01684x.
- Carlson,S., & Moses, L. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72(4), 1032–1078. doi: 10.1111/1467-8624.00333.
- Carter C.S., Mintun, M., & Cohen, J.D. (1995): Interference and facilitation effects during selective attention: An H215O PET study of Stroop task performance. *Neuroimage*, 2 (4), 264–272. doi: 10.1006/nimg.1995.1034.

- Carter, C.S., & Van Veen, V. (2007). Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cognitive affective, & Behavioral Neuroscience*, 7 (4), 367-379.
- Chall, J.S. (1979). The great debate. Ten year later, with a modest proposal for reading stages. In L.B. Resnick & P.H. Weaver (Eds.), *Theory and practice of early reading* vol. I (pp. 29-55). Hillsdale, NJ: LEA.
- Clarke, D.D., & Sokoloff, L. (1994). Circulation and energy metabolism of the brain. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, (Eds.), *Basic Neurochemistry* (p.p 645-680). New York, NY: Raven.
- Coltheart, M. (1978). Lexical Access in simple Reading tasks. In G. Underwood, (Eds.), *Strategies of information processing*. London, England: Academic Press.
- Coltheart, M. (2006). Dual route and connections models of Reading: an overview. *London Review of Education*, 4 (1), 5-17. doi: 10.1080/13603110600574322
- Corbetta, M., Miezin, F.M., Dobmeyer, S., Shulman, G., & Petersen, S.E. (1991). Selective and divided attention during visual discrimination of shape color and speed. *Journal of Neuroscience*, 11, 2383- 2402.
- Denckla, M.B., & Rudel, R.G. (1976). Rapid automatized naming (R.A.N): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychology*, 14, 471-479.
- Derbyshire, S.W.G., Vogt, B.A., & Jones, A.K.P. (1998). Pain and Stroop interference tasks activate separate processing modules in anterior cingulate cortex. *Experimental Brain Research*, 118 (1), 52-60. doi: 10.1007/s002210050254.

- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). Cognitive control mechanisms resolve conflict through cortical amplification of task-relevant information. *Nature neuroscience*, 8(12), 1784-1890. doi: 10.1038/nn1594.
- Ehri, L.C. (1997). Learning to read and learning to spell are one and the same, almost. In C. A. Perfetti, L. Rieben, & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell* (pp. 237–269). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Ehri, L.C. (2005). Learning to Read Words: Theory, Findings and Issues. *Scientific studies of Reading*, 9 (2), 167-188. doi:10.1207/s1532799xssr0902_4.
- Everatt, J., Warner, J., & Miles T.R. (1997). The incidence of Stroop interference in dyslexia. *Dyslexia*, 3(4), 222-228. doi : 10.1002/(SICI)10990909(199712).
- Faccioli, Ch., Peru A., Rubini, E., & Tassinari, G. (2008). Poor readers but compelled to read: Stroop effects in developmental dyslexia. *Child Neuropsychology*, 14, 277-283. doi: 10.1080/09297040701290040
- Fischer, K.W., Bernstein, J.H., & Immordino-Yang, M.H. (2007). *Mind, Brain and education in Reading Disorders*. Cambridge U.K: Cambridge University Press.
- Fletcher, J.M., Shaywitz, S.E., Shankweiler, D.P., Katz, L., Liberman, I.Y., Stuebing, K.K.,...Shaywitz, B.A.(1994).Cognitive profiles of reading disability: Comparisons of discrepancy and low achievement definitions. *Journal Educational Psychology*, 86 (6), 6-23. doi: 10.1037/0022-0663-.86.1.6.
- Frith, U. (1986). A developmental framework for Developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 36 (1), 69- 81. Doi: 10.1007/BF02648022.
- George, M.S., Ketter, T.A., Parekh, P.I., Rosinsky, N., Ring, H., Casey, B.J.,...Post, R.M. (1994). Regional brain activity when selecting a

- response despite interference: An H 2150 PET study of the Stroop and an emotional Stroop. *Human Brain Mapping*, 1(3), 194–209. Doi:10.1002/hbm.460010305.
- George, M.S.E.C. Ketter, T.A. Parekh, P.I. Rosinsky, N. Ring, H. Pazzaglia, P.J. Marangell, L.B.,... Post, R.M. (1997): Blunted left cingulate activation in mood disorder subjects during a response interference task (the Stroop). *The Journal of Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*, 9 (1), 55–63.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Vega-Gutiérrez, O.L. (2012). Event-related brain potentials in slow naming children while performing an orthographic recognition task. *Recent Research in Developmental Physiology*, 5, 27-47.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Zarabozo, D., & Amano, M. (2010). La velocidad de denominación de letras. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15 (46), 823-847.
- Gómez-Velazquez, F.R., González-Garrido, A.A., Guárdia-Olmos,J., Peró-Cebollero,M., Zarabozo-Hurtado,D., & Zarabozo,D.(2014). Evaluación del conocimiento ortográfico en adultos jóvenes y su relación con la lectura. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 14 (1), 40-67.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Zarabozo-Huerta, D., & Zarabozo, D. Conocimiento ortográfico en adultos. Manuscrito presentado para publicación.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Zarabozo, D., & Ruiz Villeda, B.A. (2002). Trastornos en el aprendizaje de la lectura y su relación con alteraciones en las funciones ejecutivas. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 10(2), 271-283.

- González-Garrido A.A., Gómez-Velázquez F.R., & Rodríguez-Santillán, E. (2013). The orthographic recognition in late adolescents. An assessment through event-related brain potentials. *Clinical EEG and Neuroscience*, 20 (10), 1-9.
- Goswami, U. (2008). Reading: dyslexia in the brain. *Educational Research*, 50 (2), 135-148. doi: 10.1080/00131880802082625.
- Gough, P.B., Juel, C. & Griffith, P.L. (1992). Reading, spelling and orthographic cipher. In P.B. Gough., L.C., Ehri & R. Treiman (eds.), *Reading Acquisition* (pp.35-48). Hillsdale. NJ: LEA.
- Hall, W. (2009). Dyslexia in the primary classroom. Great Britain: Learning Matters.
- Hatcher, J., Snowling, M. J., & Griffiths, Y. M. (2002). Cognitive assessment of dyslexic students in higher education. *British Journal of Educational Psychology*, 72, 199–133. doi: 10.1348/000709902158801.
- Herrera, L. (2005) *Aprendizaje de la lectura y Dislexia concepciones actuales*. Granada, España: Comares S.L.
- Helland, T., & Asbjørnsen, A. (2000). Executive Function in Dyslexia. *Journal of Child Neuropsychology*, 6 (1), 37-48. doi: 10.1076/0929-7049(200003)6:1;1-B;FT037.
- Heeger, D.J., Ress, D. (2002). What Does fMRI tell us about neuronal activity?. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 142-151. doi: 10.1038/nrn730.
- Hoeft, F., Meyler, A., Hernández, A., Juel, C., Taylor-Hill, H., & Martindale, J.L.,... Gabrieli, J.D.E.(2007). Functional and morphometric brain dissociation between dyslexia and reading ability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (10), 4234-4239. doi: 10.1073/pnas.06093991104.

- Huettel, S.A., Song, A.W., & McCarthy, G. (2003). From Neuronal to Hemodynamic activity. In S.A., Huettel ., A.W. Song., & G. McCarthy (Eds.), *Functional magnetic Resonance Image* (pp.127-158). Massachusetts, USA: Sinauer Associates.
- International Dyslexia Association (2008). Recuperado el 3 de octubre de 2008, de <http://www.interdys.org>.
- Jezzard, P., Toosy, A. (2005). Functional MRI. In M.D., Filippi, N. Stefano, V. Dousset., & J.C. Mc Gowan (Eds.), *MR Imaging in White Matter Diseases of the Brain and Spinal Cord* (p.p. 93-110). Heidelber, Germany: Springer.
- Jiménez J.E., & Ortiz M.R. (1999) *Conciencia Fonológica y aprendizaje de la lectura: Teoría, evaluación e intervención*. Madrid, España: Síntesis.
- Jones, R.A., Schirmer, T., Lipinski, B., Elbel, G.K., & Auer, D.P. (1998). Signal undershoots following visual stimulation: A comparison of gradient and spin-echo BOLD sequences. *Magnetic Resonance in Medicine*, 40 (1), 112-118. doi: 10.1002/mrm.1910400116.
- Kapoula, Z., Thuan le, T., Bonnet, A., Bourtoire, P., Demule E., Fauvel, C.,... Yang, Q. (2010). Poor Stroop performances in 15-years old dyslexic teenagers. *Experimental Brain Research*, 203(2), 419-425.
- Kelly, M.S., Best, C.T., & Kirk, U. (1989).Cognitive Processing Deficits in Reading Disabilities: A prefrontal Cortical Hypothesis. *Brain and Cognition*, 11(2), 275-293. doi: 10.1016/0278-2626(89)90022-5.
- Landerl, K., Wimmer, H., & Frith, U. (1997). The impact of orthographic consistency on Dyslexia: A German – English comparison. *Cognition*, 63 (3), 315-334. doi: 10.1016/S0010-0277(97)00005-X.
- Landerl, K., Fussenegger,B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: two learning disorders with different cognitive profiles.

Journal of experimental child psychology, 103 (3),309-324. doi: 10.1016/j.jecp.2009.03.006.

Lander, K. (2001). Word recognition deficits in German: more evidence from a representative sample. *Dyslexia*, 7 (4), 183-196. doi: 10.1002/dys.199.

Levin, B.E. (1990). Organizational deficits in dyslexia: posible frontal lobe dysfunction. *Developmental Neuropsychology*, 6(2), 95-110. Doi:10.1080/875656490095404453.

Lefly, D., Pennington, B.(1991). Spelling errors and reading fluency in dyslexics. *Annals of Dyslexia*,41 (1),143–162. Doi: 10.1007/BF02648083.

Leung, H.C., Skudlarski, P., Gatenby, J.C., Peterson, B.S., & Gore, J.C. (2000). And event – related functional MRI study of the Stroop Color Word interference task. *Cerebral Cortex*, 10(6), 552-560.

Levin, H. S., Culhane, K. A., Hartmann, J., Evankovich, K., Mattson, A. J., Harward, H.,...Fletcher, J.M.(1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functioning. *Developmental Neuropsychology*, 7(3), 377–395. doi: 10.1080/87565649109540499.

Lezak, M.D. (1982).The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17(1-4), 281-297.doi: 10.1080/00207598208247445.

Li, C.S., Yan, P., Sinha, R., & Lee, T.W. (2008). Subcortical processes of motor response inhibition during a strop signal task. *Neuroimage*, 41(4), 1352-1363.doi: 10.1002/hbm.21399.

Liberman, I.Y., & Shankweiler, D. (1991). Phonology and beginning to read: A tutorial. In L. Rieben, C.A. Perfetti, (Eds.), *Learning to read: Basic research and its implications*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Linera Prado, J., Ríos Lago, M., Hernández Tamames, J.A., Bargalló Alabart, N., Calvo Merino, B. (2008). Resonancia Magnética I. En F. Maestú Unturbe, M. Ríos Lago, & R. Cabestrero Alonso(Eds.), *Neuroimagen Técnicas y procesos cognitivos* (p.p 1285-2931). Barcelona, España: Elsevier Masson.
- Logan, G.D. (1997). Automaticity and reading: perspectives from the instance theory of automatization. *Reading & Writing Quarterly*, 13(2), 123-146. doi:10.1080/1057356970130203.
- Logan, G. D. (2002). An instance theory of attention and memory. *Psychological Review*, 109(2), 376–400. Doi:10.1037/0033-295X.109.2.376.
- Maisog, J.M., Einbinder, E.R., Lynn Flowers, D.R., Turkeltaub, P.E., & Eden, G.F. (2008). A Meta-analysis of Functional Neuroimaging Studies of Dyslexia. *Annals New York Academy of Science*, 1145, 237-259.
- McCandliss, B.D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (7), 293-299. doi: 10.1016/S1364-6613(03)00134-7.
- Melrsoe, R.J., Poulin, R.M., & Stern, C.E. (2007). An Fmri investigation of the rol of the basal ganglia in reasoning. *Brain Research*, 1142, 146-158. doi:10.1016/j.brainres.2007.01.060.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Miller, C.J., Miller, S.R., Bloom, J.S., Jones, L., Lindstrom, W., Craggs, J.,... Hynd, G.W. (2006). Testing the double deficit hypothesis in an adult simple. *Annals of Dyslexia*, 56 (1), 83-102. doi: 10.1007/s11881-006-0004-4.

- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. & Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734.
- Müller, K., & Brady, S. (2001). Correlates of early reading performance in a transparent orthography. *Reading and Writing: An interdisciplinary Journal*, 14, 757-799. doi: 10.1023/A: 1012217704834.
- Neuhaus, G.F., & Swank, P.R. (2002). Understanding the relation between RAN letter subtest components and word reading in First Grade Students. *Journal of Learning Disabilities*, 35(2), 158- 174. doi: 10.1177/002221940203500206.
- Neuronic, S.A. (1997). *Diagnóstico Neuropsicológico automatizado (DIANA)*. La Habana.
- Nikolopoulos, D., Goulandris, N., Hulme, C., & Snowling, M.J. (2006). The cognitive bases of learning to read and spell in Greek: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94(1), 1–17. Retrieved from <http://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:d4d2b4d6-0fe6-47e9-9b4f-9768527510b1>.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Pardo, J.V., Pardo, P.J., Janer, K.W., & Raichle, M.E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(1), 256-259.
- Parkin, A.J. (1999). Trastornos de la lectura y escritura. En J.M. Ruiz-Vargas, M. Belinchón (Eds.), *exploraciones en neuropsicología cognitiva* (pp. 173-210). Madrid, España: Panamericana.

- Paulesu, E., Frith, C.D., & Frackowiak, R.S. (1993). The neural correlates of the verbal components of working memory. *Nature*, 362 (6418), 342-345. doi: 10.1038/362342a0.
- Perfetti, C.A. (1994). Psycholinguistics and Reading Ability. In M.A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics*. San Diego, USA: Academic Press.
- Peterson, B. S., Skudlarski, P., Gatenby, J. C., Zhang, H., Anderson, A. W., & Gore, J. C. (1999). An fMRI study of Stroop word-color interference: Evidence for cingulate subregion subserving multiple distributed attentional systems. *Biological Psychiatry*, 45(10), 1237–1258. doi:10.1016/S0006-3223(99)00056-6.
- Posner, M.I., DiGirolamo, G.J. (2000). Cognitive neuroscience: origin and promise. *Psychological bulletin*, 126 (6), 873-889.
- Protopapas, A., Archonti, A., & Skaloumbakas, C. (2006). Reading ability is negatively related to stroop interference. *Cognitive Psychology*, 1-30. doi: 10.1016/j.cogpsych.2006.07.003.
- Proulx, M.J., & Elmasry, H.M. (2014). Stroop interference in adults with dyslexia. *Neurocase, the neural bases of cognition*, 2-6. doi: 10.1080/13554794.2014.914544.
- Purvis, K.L., & Tannock, R. (2000). Phonological processing, not inhibitory control, differentiates ADHD and reading disability. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39 (4), 485–494. doi: 10.1097/00004583-2000040000-00018.
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: a quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 30 (10), 3299-3308. doi: 10.1002/hbm.20752.
- Roy, C.S., & Sherrington, C.S. (1890). On the regulation of the blood-supply of the brain. *Journal of physiology*, 11, 85-108.

- Samuels, S.J., & Flor, R.F. (1997). The importance of automaticity for developing expertise in reading. *Reading and Writing Quarterly*, 13(2), 107-121. doi:10.1080/1057356970130202.
- Secretaria de Educación Pública. (2011). Manual de procedimientos para el fomento y la valoración de la competencia lectora en el aula. Recuperado de <http://www.leer.sep.gob.mx>.
- Seghier, M.L. (2013). The Angular Gyrus: Multiple Functions and Multiple subdivisions. *The Neuroscientist*, 19(1), 43-61. doi:10.1177/10738584124400596.
- Serrano, F., & Defior, S. (2004). Dislexia en Español: Estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación psicoeducativa y psicopedagógica*, 2(2), 13-34.
- Seymour, P.H.K., Erskin, M.A., & Erskine, J.M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94, 144-174.
- Seymour, P.H.K. (1990). Cognitive descriptions of Dyslexia. In G.Th. Pavlidis (Eds.), *Perspectives on Dyslexia*. Nueva York, USA: John Wiley & Sons.
- Shankweiler, D., Liberman, I.Y., Mark, L.S., Fowler, C.A., Fischer, F.W. (1979). The speech code and learning to read. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 5, 531-545. doi: 10.1037/0278-7393.5.6.531.
- Shaywitz, S.E., Fletcher, J.M., Holahan, H.M., Schneider, A.E., Marchione, K.E., Stuebing, K.K.,... Shaywitz, B.A. (1999). Persistence of dyslexia: The Connecticut Longitudinal Study at Adolescence. *Pediatrics*, 104(6), 1351-1359. doi:10.1542/peds.104.6.1351.
- Shaywitz, S.E., Lyon, G.R., & Shaywitz, B.A. (2006). Dyslexia (Specific reading disability). In F.D. Burg, J.R. Ingelfinger, R.A. Polin, & A.A. Gershon (Eds.)

- Gellis & Kagan's *current pediatric therapy*, Vol. 17. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Pugh, K.R., Mencl, W.E., Fulbright, R.K., Skudlarski, P.,...Gore, J.C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52, 101-110.
- Sholberg, M.M., Mateer, C.A. (1989). Remediation of executive function impairment. In M.M. Sholberg, C.A. Mateer,(Eds.), *Introduction to Cognitive Rehabilitation* (pp.232-263). New York, USA: Guilford Press.
- Schoot, M., Van, R., Licht Tako,M., & Horsley, J.A. (2000). Inhibitory Deficits in Reading Disability Depend on Subtype: Guessers but not Spellers. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 6 (4), 297-312. doi: 10.1076/chin.6.4.297.3139.
- Snowling, M.J., & Göbel, S.M. (2011). Reading Development and Dyslexia. In U.Goswami. (Eds.), *Handbook of Developmental Psychology Childhood cognitive Development* (pp.524-548). Massachusetts,USA: Wyley Blackwell.
- Stuart, M., & Colheart, M. (1988). Does Reading Developing a Sequence of Stages? *Cognition*, 30(2), 139- 181. doi:10.1016/0010-0277(88)90038-8.
- Sun,J., Zhai,J., Song,R., Zou,L., & Gong,H.(2011).Reduced prefrontal cortex activation in the color-word Stroop task for Chinese dyslexic children: a near-infrared spectroscopy study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-7. doi: 10.1088/1742-6596/277/1/012034.
- Swanson, H.L., & Ashbaker, M.H. (2000). Working Memory, Short- term Memory, Speech Rate, Word Recognition and Reading Comprehension in Learning

- Diasabled Readers: Does the executive System Have a Role? *Intelligence*, 28 (1),1-30. doi:10.1016/S0160-2896(99)00025-2.
- Temple, E., Poldrack, R.A., Salidis, J., Deutsch, G.K., Tallal, P., & Merzenich, M.M. (2001). Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. *Neuroreport*, 12, 299–307.
- Tirapu-Ustárróz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrin-Valero, C. (2008). Modelo de funciones y control ejecutivo. *Revista de Neurología*, 46 (1), 684-692.
- Torgesen, J.K., Wagner, R.K., Rashotte, G.A., Burgess, S., & Hecht, S. (1997). Contributions of phonological awareness and rapid automatic naming ability to the growth of word-reading skills in second-to fifth-grade children. *Scientific Studies of Reading*, 1(2),161. Doi: 10.1207/s1532799xssr0102_4.
- Treiman, R. (1991). Phonological awareness and its roles in learning to read and spell. In D.J. Sawyer & B.J. Fox (eds.), *Phonological awareness and reading. The evolution of current perspective* (pp.159-189). New York,USA: Springer Verlag.
- Tops, W., Callens, M., Lammertyn, J., Van Hess, V., & Brysbaert, M. (2012). Identifying students with dyslexia in higher education. *Annals of Dyslexia*, 62(3), 186-203. doi:10.1007/s11881-012-0072-6.
- Undheim, A.M. (2009). A Thirteen – Year Follow – up study of Young Norwegian Adults with dyslexia in childhood: Reading Development and Educational Levels. *Dyslexia*, 5(4), 291- 303. doi:10.1002/dys.384.
- Van Der Leij, A., & Van Daal, V. H. P. (1999). Automatization aspects of Dyslexia: speed limitations in word identification, sensitivity to increasing

task demands and orthographic compensation. *Journal of Learning Disabilities*, 32(5), 417–428. doi: 10.1177/002221949903200507

Vendrell, P., Junque, C., & Pujol, J. (1995). La Resonancia Magnética Funcional: Una nueva técnica para el estudio de las bases cerebrales de los procesos cognitivos. *Psicothema*, 7(1), 51-60.

Vucovik, R.K., Wilson, A.M., & Nash, K.K. (2004). Naming speed deficit and adults with Reading Disabilities: a test of the double deficit hypothesis. *Journal of Learning Disabilities*, 37 (5), 440-450. doi:10.1177/00222194040370050601.

Wagner, R., Torgesen, J. (1987). The nature of phonological processes and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychology Bulletin*, 101(2), 192–212. doi: 10.1037/0033-2909.101.2.192.

Wais III, Escala Weschler de inteligencia para adultos III. (2003). Estandarización Mexicana, México: Manual Moderno.

Wang, W.S. (1991). *The emergence of language: Development and Evolution*. New York, USA: Freeman.

Warmington, M., Stothard, S.E., & Snowling, M.J. (2013). Assessing dyslexia in higher education: the York adult assessment battery-revised. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 13 (1), 48-56. doi: 10.1111/j.1471-3802.2012.01264.x.

Whalen, P.J., Bush, G., McNally, R.J., Wilhelm, S., McInerney, S.C., Jenike, M.A., & Rauch, S.L. (1998). The emotional Counting Stroop Paradigm: A Functional Magnetic Resonance Imaging probe of the anterior Cingulate affective division. *Biological Psychiatry*, 44(12), 1219–228. doi:10.1016/S0006-3223 (98)00251-0.

Wolf, M., Miller, L., & Donnelly, K. (2000). The retrieval, automaticity, vocabulary elaboration, orthography (RAVE-O): A comprehensive fluency-based

reading intervention program. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 375-386.doi: 10.1177/002221940003300408.

Wolf, M.. & Bowers, P.G. (1999). The Double deficit hypothesis for the developmental dyslexia. *Journal of Educational Psychology*, 91 (3), 415-438.doi:10.1037/0022-0663.91.3.415.

Yacoub, E., Shmuel, A., Pfeuffer, J., Van De Moortele, P.F., Adriany, G., Ugurbil, K.,...Hu,X. (2001). Investigation of the initial dip in fMRI at 7 Tesla. *Nuclear Magnetic Resonance in Biomedicine*, 14(7-8), 408-412.doi: 10.1002/nbm.715.

ANEXO 1

Evaluación del Conocimiento Ortográfico

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

En primer lugar se aplicó un cuestionario para la obtención de datos personales y antecedentes que pudieran tener una relación con la ortografía de los estudiantes como: la escolaridad y la ocupación de los padres de familia, dificultades de atención o aprendizaje presentadas durante la escolaridad primaria, el número de grados reprobados, la percepción personal y subjetiva sobre sus habilidades ortográficas, su gusto por la lectura y la cantidad de libros no escolares que acostumbran leer en un año, y signos que pudieran expresar dificultades al leer como la pérdida del renglón, repetición de la lectura para su correcta comprensión, sustitución de palabras al momento de leer y la asistencia a cursos no escolares de inglés.

Para evaluar el conocimiento ortográfico de los estudiantes se diseñaron y adaptaron 5 tareas que fueron administradas de forma grupal en una sesión de aproximadamente una hora de duración. Estas tareas incluyeron la evaluación del conocimiento ortográfico, a nivel de las palabras, oraciones y textos en tres contextos diferentes: narrativo, expositivo y argumentativo. Estas cinco tareas tuvieron especial énfasis en la comisión de errores ortográficos o de transparencia grafemática, en particular en el uso de grafemas que comparten un mismo fonema y cuya sustitución, adición u omisión generaría un pseudohomófono como: *v-b, c-s-z, g-j, ll-y, y h*. Un ejemplo de este pseudohomófono sería la palabra *Corasón*.

Las tareas son:

Descripción de las Tareas:

1. Completar palabras, diseñada para este estudio, incluyó la presentación por escrito de 36 estímulos de los cinco tipos de grafías homófonas antes mencionadas. Evalúa la conciencia ortográfica. Se cuantificaron los errores cometidos.

2. Dictado de una carta, se adaptó un texto narrativo de 196 palabras del libro de lecturas de tercero de primaria de la SEP. Se cuantificaron las palabras modificadas, los errores homófonos (sustitución, adición u omisión de letras que generaron un pseudohomófono) y los errores de otro tipo (transposición, adición u omisión de letras, y sustituciones no homófonas).

3. Dictado de palabras, diseñada para este estudio, incluyó 42 estímulos de los cinco tipos de grafías homófonas. Lo anterior de acuerdo a su distribución real en la ortografía del español (52 grafemas) y de acuerdo a la distribución del tipo de errores homófonos

cometidos en tercero de secundaria reportados por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (Backhoff y cols., 2008). La comisión de errores en este tipo de grafías, representó el segundo tipo de error reportado por el INEE en tercero de secundaria, sólo después de los errores de acentuación. Para el diseño de esta tarea, se determinó la frecuencia de grafemas cuya sustitución, adición u omisión generara un seudohomófono a través de el análisis de 11 libros de texto de primaria, secundaria y preparatoria; estos libros contuvieron un total de 1,653,373 grafemas (Software GRAFONEM; Zarabozo, registro pendiente). Adicionalmente, se cuidó la distribución de palabras frecuentes e infrecuentes de acuerdo con nuestro diccionario de frecuencias (656,251 palabras). En esta tarea se cuantificaron las palabras modificadas, los errores homófonos, los errores de otro tipo y los errores de acentuación (adición u omisión de la tilde). El número posible de errores en esta tarea, sin contar los de acentuación, fue de 50.

4. Corrección de un texto, adaptado de un texto expositivo de 276 palabras del sitio web de Discovery Channel en español. Se modificaron 22 palabras (un error por palabra) de los cinco tipos de susceptibilidad homófona, de acuerdo con la distribución de grafías mencionada con anterioridad. Se cuantificaron los errores encontrados, los errores omitidos y los falsos errores (cualquier tipo de modificación anotada por el estudiante).

5. Redacción libre, de un texto argumentativo sobre la legalización del aborto. Se solicitó a los estudiantes escribir libremente sobre su opinión respecto al tema. Se indicó claramente que no estábamos interesados en apoyar ninguna postura a favor o en contra bajo ningún término legal, moral o religioso; se indicó que nuestro interés era la manera en la que podrían argumentar con palabras su opinión al respecto. Se les pidió adicionalmente que cuidaran tanto el trazo de su letra como su ortografía. Se cuantificaron las palabras escritas, las palabras modificadas, los errores homófonos y los errores de otro tipo. No se evaluó la construcción gramatical, la sintaxis o la acentuación.

COMPLETAR PALABRAS

Instrucciones: Completa el espacio en blanco con la letra que creas que corresponda.

1. *b - v*

ri__alidad	mo__ilidad	ad__ersidad	infali__ilidad
__alón	in__erso	re__ozo	o__eso

2. *c - s - z*

adapta__ión	infu__ión	anali__ar	expan__ión
pa__iente	no__ivo	mudan__a	trave__ía

3. *g - j*

ropave__ero	le__endario	a__ilizar	te__edor
elo__jar	a__enciar	conser__e	e__ecutar

4. *con o sin h*

__uérfano	__oblicuo	__usurpador	__uésped
-----------	-----------	-------------	----------

5. *ll - y*

__ega	deste__a	__ugo	__elmo
destru__a	__ema	arru__a	enta__a

DICTADO DE PALABRAS

Instrucciones: Te voy a dictar unas palabras. Debes escribirlas cuidando el trazo de tu letra y la ortografía.

- | | |
|---------------|----------------------|
| 1. interés | 22. generalizar |
| 2. debido | 23. difusión |
| 3. mezcla | 24. pro hibir |
| 4. hacer | 25. yunque |
| 5. vela | 26. impresión |
| 6. digerir | 27. ojalá |
| 7. coherencia | 28. íbamos |
| 8. envuelto | 29. alzar |
| 9. proceso | 30. ayuda |
| 10. entonces | 31. llegar |
| 11. ahora | 32. empezar |
| 12. virus | 33. hacienda |
| 13. matriz | 34. gente |
| 14. tragedia | 35. frase |
| 15. elevar | 36. salvar |
| 16. fracaso | 37. cayó |
| 17. había | 38. sátira |
| 18. echar | 39. precoz |
| 19. parecido | 40. llevar |
| 20. habilidad | 41. pasión |
| 21. ángel | 42. andaban |

	c-s-z	b-v	g-j	h	y-ll
total palabras	19	12	6	8	5
% de error homófono	38	24%	12%	16%	10%
frecuentes (≥ 100)	5	3	1	3	3
infrecuente (≤ 10)	6	2	2	2	1
frec. media (11-99)	8	7	3	3	1

Corrección de un Texto

Instrucciones: En este texto hay muchos errores porque se cambiaron algunas letras que suenan igual. Escribe con pluma roja, arriba de la palabra, la letra que creas que debería cambiarse.

BACTERIAS

Siempre encontrarás bacterias, no importa dónde vallas. Estos pequeños sobrevivientes han evolucionado y se han adaptado a todos los medio ambientes durante los miles de millones de años en que han existido sobre la Tierra. Las vaza encontrar en las regiones heladas, en los desiertos, en las selvas tropicales y aún en lugares sin aire. Algunas viven en los medio ambientes más extremos de los volcanes y respiraderos hidrotermales del fondo del océano. Las bacterias también viven en el cuerpo humano. En realidad, más de tres mil millones de bacterias viven en una persona sana normal.

Algunas bacterias se mueven por sí mismas, pero hay otras que tienen que ser transportadas de un lugar a otro. Algunas dependen de las mareas de los océanos, de los caudalosos ríos y de otros cuerpos de agua en movimiento. Las bacterias que causan la tuberculosis, entre otras, viajan en las corrientes de aire cuando una persona infectada tose, estornuda o ríe. Las bacterias también viajan en los animales y utilizan el magnetismo para ir en la dirección correcta.

El primer antibiótico se produjo por un error de laboratorio. En 1928, el químico inglés Alexander Fleming descubrió que se habían producido bacterias en unos platos petri que había olvidado. Decidió desahacerse de los platos al ver que estaban cubiertos de moho y considerar que estaban contaminados, pero en ese momento vio algo peculiar. No había bacterias donde había moho. Muy pronto Fleming llegó a la conclusión de que los hongos de penicilina en los platos habían destruido las bacterias. Hoy en día utilizamos la penicilina como un medicamento porque destruye muchos tipos de bacterias patógenas.

C, S, Z -	9	41%
B, V -	4	18%
G, J -	2	9%
H -	5	23%
L, Y -	2	9%

Total de sustituciones: 22

Nota: Total de palabras susceptibles de error homófono: 64.

ANEXO 2

EVALUACIÓN INDIVIDUAL DE LA EJECUCIÓN LECTORA.

NOMBRE: _____ **EDAD:** _____

GRADO: _____ **ESCUELA:** _____ **TEL.:** _____

LOS EFECTOS DE LA ALTITUD

A nivel del mar o en lo alto de una montaña, la atmósfera siempre contiene el mismo nivel de oxígeno: 21%. Pero a medida que una persona asciende, experimenta una menor presión atmosférica porque las moléculas de oxígeno se separan, dificultando la respiración. A nivel del mar, la presión atmosférica impulsa el oxígeno desde los pulmones hacia la sangre y los tejidos. En mayores alturas, a medida que la presión decrece, este proceso se vuelve más lento. El cuerpo responde incrementando la cantidad de glóbulos rojos (que transportan el oxígeno) y aumentando la producción de la enzima que transfiere el oxígeno a los tejidos.

El ascenso a lo alto de una montaña puede producir alguna de las Enfermedades de Montaña que afectan en algún grado a todos los escaladores. Las quejas más frecuentes son por migrañas, náuseas y vómitos, vértigo e insomnio. Estas enfermedades generalmente no son graves, pero sus síntomas pueden ser indicadores precoces de inflamación pulmonar o cerebral. Si la presión en los pulmones de un alpinista aumenta demasiado, el plasma (líquido que forma parte de la sangre) puede llegar a filtrarse por los alvéolos pulmonares produciendo disminución respiratoria, dolores en el pecho, jadeos y tos. La mayoría de los casos fatales se presentan por encima de los 3,600 metros de altura.

El aumento de flujo sanguíneo en el cerebro, ocasionado por la necesidad de oxígeno, produce una hinchazón que puede ocasionar confusión, desorientación, somnolencia, alucinaciones y coma en los alpinistas. Es potencialmente mortal, pero los pacientes pueden recuperarse completamente si son atendidos inmediatamente en altitudes menores.

Cuando una persona permanecer en las grandes alturas durante uno o dos meses, se incrementa la producción de glóbulos rojos, lo que provoca que la sangre se espese y podría causar coágulos en las arterias.

La altitud también puede producir dolor de muelas cuando una burbuja de aire se aloja dentro de los empastes dentales. Esto puede llegar a irritar un nervio, provocar la caída del empaste o incluso su explosión debido a la presión de la altura.

Cuanto más asciende una persona, más aumenta su exposición a la peligrosa radiación ultravioleta. En la cima del Everest se experimenta una exposición a los rayos UV 30 veces superior a la del nivel del mar, lo que podría ocasionar ceguera causada por la nieve o queratitis ultravioleta, además de quemaduras de sol, que representan un peligro real. Los escaladores deben utilizar bloqueadores con un FPS mínimo de 30 y aplicarlo por lo menos cada dos horas durante el día.

Un escalador que comienza a sentir pérdida de sensibilidad en alguna de sus extremidades debe tratar de calentarlas inmediatamente. El congelamiento puede ocasionar daños muy graves en los dedos de los pies y otras partes del cuerpo, que podrían llegar a hacer necesaria una amputación. La hipotermia es una reacción patológica del cuerpo a la baja temperatura que genera pérdida del juicio, torpeza, dificultades en el habla, debilidad, daño mental progresivo y, en última instancia, pérdida de la cordura y disfunciones cardíacas.

Adaptado de: DISCOVERY CHANNEL. <http://www.tudiscovery.com/everest/altitud/interactivo/flash/noflash/index.shtml>

Tiempo: _____ **Palabras x minuto (504):** _____ **Omisiones:** _____

Modificadas: _____ **Observaciones:** _____

EVALUACIÓN DE LA COMPRENSIÓN LECTORA

1.- ¿Cuáles son las quejas más frecuentes de los escaladores por los efectos de la altura?

2.- ¿Por encima de qué altura los problemas pulmonares pueden ser fatales?

3.- ¿Qué pasa con la sangre cuando una persona permanece en las grandes alturas por uno o dos meses?

4.- ¿Qué le puede pasar a las muelas que tienen empastes en las alturas?

5.- Para evitar los síntomas de las enfermedades de montaña, ¿qué cosas llevarías para escalar una montaña?

EVALUACIÓN DE LA COMPRENSIÓN LECTORA

DISCOVERY CHANNEL.

<http://www.tudiscovery.com/everest/altitud/interactivo/flash/noflash/index.shtml>

Total de palabras del texto original: 825

ANEXO 3

Guadalajara, Jalisco a _____ de _____ de 20_____

DRA. FABIOLA GÓMEZ VELÁZQUEZ

PRESENTE

Por este medio acepto participar en la investigación denominada “Alteraciones neurofuncionales en adultos con pobre conocimiento ortográfico”, el cual fue aprobado por los Comités de Éticas del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. El objetivo general es analizar el volumen y la interconectividad funcional de áreas cerebrales involucradas en la lectura.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en asistir a dos sesiones en la primera, se llevará a cabo una evaluación conductual en las instalaciones del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara y en una siguiente sesión acudiré a las instalaciones de “Bañuelos Radiólogos” en donde se realizarán estudios de Resonancia Magnética funcional mientras realizó distintas tareas relacionadas con mi desempeño ortográfico.

También se me ha explicado que no corro peligro alguno, que no se me administrará ningún tipo de medicamento, y que no se realizará ningún procedimiento que ponga en riesgo mi salud física o emocional. En caso de requerirlo, la Dra. Fabiola Gómez Velázquez se compromete a responder todas las dudas que surgieran sobre el procedimiento mencionado.

Consiento de manera voluntaria mi participación siempre y cuando pueda desistir de la misma en cualquier momento, y se mantenga en estricta confidencialidad mi nombre y cualquier información que proporcione. Este consentimiento no libera a los investigadores o a las instituciones de su responsabilidad ética conmigo.

Nombre y firma del participante

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Efecto de interferencia en adultos con dificultades lectoras. Un estudio de resonancia magnética funcional.

CON NÚMERO DE REGISTRO: ET112012-126

RESPONSABLE: Fabiola R. Gómez Velázquez

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS:

[Handwritten signatures and initials in blue ink on the left margin]

RECHAZADO DEBIDO A: _____

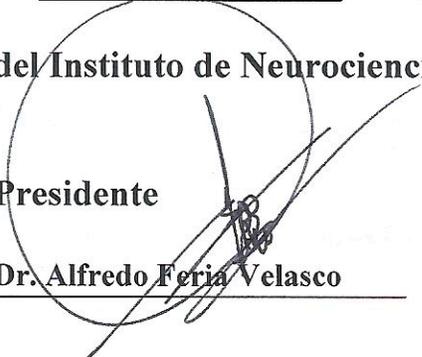
En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

Se emite el presente DICTAMEN el día 20 de Enero

de 2013, firmando los integrantes del Comité de Ética

del Instituto de Neurociencias.

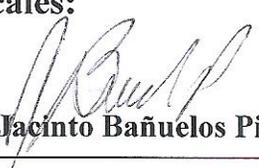
Presidente


Dr. Alfredo Feria Velasco

Secretaria

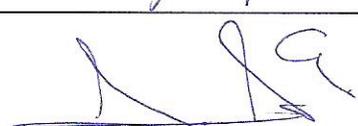

Dra. Marisela Hernández González

Vocales:


Dr. Jacinto Bañuelos Pineda


Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez


Dr. Andrés A. González Garrido


Dr. Jorge Juárez González

Ccp. Archivo