



FACULTAD DE PSICOLOGÍA Y CIENCIAS SOCIALES

Rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico en escolares con y sin trastorno de la lectura

Estudiante: Exequiel Guevara Delgado

Legajo: 27679

Directora: Dra. Mariel F. Musso

Co-director: Dr. Eduardo C. Cascallar

Tesis de Doctorado presentada para acceder al título de Doctor en Psicología

2026

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN
PARA LA PUBLICACIÓN DE OBRAS EN EL REPOSITORIO
DIGITAL INSTITUCIONAL DE LA UFLO UNIVERSIDAD

RIUFLO - *Repositorio Institucional de la Universidad de Flores* - fue creado para gestionar y mantener una plataforma digital de acceso libre y abierto para la difusión de la creación intelectual de la Universidad de Flores.

El autor cede a la Universidad de forma gratuita pero no exclusiva, los derechos de reproducción, de distribución y de comunicación pública de su obra, a través del RIUFLO. Por lo tanto, la Universidad adopta para los ítems allí depositados la Licencia Creative Commons atribución - no comercial 4-0 internacional que siempre requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría. De solicitar otras limitaciones, el autor podrá detallarlas en forma expresa o a través de la elección de otro modelo de Licencia.

Autorizo la publicación de la obra en el RIUFLO (seleccionar una opción):

A partir del día de la fecha de aprobación de la Tesis [X]

A partir de otra fecha, especificar: ... / ... / ...

Lugar y fecha: Temuco (Chile), 23 de enero de 2026.

Firma y aclaración del autor:



AGRADECIMIENTOS

Realizar una tesis es una labor que requiere dedicación y, por sobre todo, persistencia. Esta carrera de largo aliento no hubiese sido posible sin el apoyo y guía de la Dra. Mariel Musso y el Dr. Eduardo Cascallar, quienes con sus orientaciones permitieron que mi trabajo de investigación alcanzara niveles impensados.

Asimismo, agradezco todo el apoyo, amor y paciencia a Constanza, mi amada esposa y compañera de vida, quien siempre tenía la palabra precisa en el momento necesario.

Del mismo modo, quiero agradecer a Catalina, con quien comencé el doctorado, y a Guillermo, con quien lo terminé, mis amados hijos, por esos momentos de locura infinita y amor incondicional.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a cada uno de los estudiantes con quienes he tenido la oportunidad de participar en su formación, ya que el poder involucrarme con ellos ha permitido poder fortalecer mis competencias vinculadas con la evaluación, intervención y la investigación del proceso lector. Confío en que los resultados obtenidos permitan seguir ahondando en esta interesante y muy necesaria temática.

RESUMEN

La dislexia o el trastorno de la lectura es el trastorno del aprendizaje más prevalente en el sistema educativo, cuyo origen se encuentra entre lo biológico y lo genético. Dentro de sus características destacan una lectura lenta, con errores y una gran dificultad para comprender lo que leen. Por otra parte, para poder ser un buen lector se necesita de un desarrollo óptimo de una serie de precursores neuropsicológicos, donde la conciencia fonológica sería el principal, pero no el único. **Objetivos:** el presente estudio tuvo como objetivos generales analizar las relaciones entre los procesos cognitivos (atención, memoria de trabajo y velocidad de nominación), lingüísticos (conciencia fonológica) y electrofisiológicos (ondas cerebrales beta en los electrodos T7, F7, T8 y F8) en escolares chilenos de 8 a 13 años y, posteriormente, determinar en qué medida dichos procesos contribuyen a predecir la presencia de un trastorno de la lectura. **Metodología:** En un comienzo, se utilizó un diseño de tipo cuantitativo y de corte transversal, en donde se comparó el rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico en dos grupos de escolares, uno con dislexia ($N=30$; 21 hombres; promedio edad=134.20 meses) y otro sin dislexia ($N=32$, 18 hombres; promedio edad=133.72 meses). Posteriormente, se optó por un diseño ex post facto retrospectivo, con el propósito de identificar las variables que mejor predicen la presencia de dislexia. Para ello, se aplicaron la regresión logística binaria y las redes neuronales artificiales. En esta segunda parte cabe señalar que las muestras iniciales se redujeron a 16 escolares con dislexia (10 hombres; promedio edad=138 meses) y 22 sin esta condición (11 hombres; promedio

edad=139.05 meses), ya que se incluyeron sólo aquellos participantes en los que los resultados obtenidos en las pruebas computarizadas fueron válidos.

Resultados: si bien se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables evaluadas a favor del grupo sin dislexia, se identificó que la fluidez verbal fonológica es la variable más determinante. Este resultado se evidenció tanto en la regresión logística binaria ($\beta=-.257$; $p<.05$; $OR=.773$) como en las redes neuronales artificiales, donde alcanzó una importancia normalizada del 100% dentro del modelo. **Conclusiones:** se concluye que, al parecer, la conciencia fonológica, medida por medio de las tareas de fluidez verbal fonológica, sería la principal variable que influiría en la presencia de una dislexia en los grupos observados. Finalmente, se espera que los resultados obtenidos sirvan de aliciente para la realización de este tipo de investigaciones, que son útiles tanto para poder potenciar los mecanismos de evaluación como de intervención en esta población.

Palabras clave: Lectura; dislexia; cognición, lenguaje; electroencefalografía.

ABSTRACT

Dyslexia or reading disorder is the most prevalent learning disorder in the educational system involving biological and genetic causes. Individuals with dyslexia exhibit reduced reading speed, accompanied by errors and significant challenges in comprehending written material. It is known that effective reading proficiency requires the optimal development of a series of neuropsychological precursors, among which phonological awareness is crucial, albeit not exclusive.

Objectives: the present study had the general objectives of analyzing the relationships between cognitive processes (attention, working memory, and naming speed), linguistic processes (phonological awareness), and electrophysiological processes (beta brain waves at electrodes T7, F7, T8, and F8) in Chilean schoolchildren aged 8 to 13, and subsequently determining the extent to which these processes contribute to predicting the presence of a reading disorder. **Methodology:** initially, a quantitative cross-sectional design was used, in which cognitive, linguistic, and electrophysiological performance was compared between two groups of students, one with dyslexia ($N=30$; 21 males; average age=134.20 months) and one without dyslexia ($N=32$; 18 males; average age=133.72 months). Subsequently, a retrospective ex post facto design was chosen with the purpose of identifying the variables that best predict the presence of dyslexia. For this, binary logistic regression and artificial neural networks were applied. In this second part, it is worth noting that the initial samples were reduced to 16 students with dyslexia (10 males; average age=138 months) and 22 without this condition (11 males; average age=139.05 months), since only those participants whose results on the computerized tests were valid

were included. **Results:** Although statistically significant differences were found in most of the variables evaluated in favor of the group without dyslexia, it was identified that phonological verbal fluency is the most determining variable. This result was evidenced both in the binary logistic regression ($\beta=-.257$; $p<.05$; $OR=.773$) and in artificial neural networks, where it reached a normalized importance of 100% within the model. **Conclusions:** It is concluded that, apparently, phonological awareness, measured through phonological verbal fluency tasks, would be the main variable contributing to the predictive classification between children with vs without dyslexia. Finally, it is hoped that the results obtained will serve as an incentive to carry out this type of research, which is useful both to be able to enhance the evaluation and intervention mechanisms in this population.

Keywords: Reading; dyslexia; cognition, language; electroencephalography.

ÍNDICE

Agradecimientos	03
Resumen	04
Abstract	06
Índice de tablas	11
Índice de figuras	14
Índice de siglas	15
Introducción	21
Capítulo I: Introducción al proceso lector	25
1.1 Historia de la lectura	25
1.2 Neuroanatomía de la lectura	29
1.3 Trastorno de la lectura	30
1.4 Subtipos de dislexia	34
Capítulo II: Precursores y procesos de la lectura y la dislexia	35
2.1 Precursores neuropsicológicos de la lectura	35
2.2 Atención	36
2.2.1 Atención y dislexia	39
2.3 Memoria de trabajo	46
2.3.1 Memoria de trabajo y dislexia	54
2.4 Conciencia fonológica	61
2.4.1 Conciencia fonológica y dislexia	64
2.5 Velocidad de denominación	71
2.5.1 Velocidad de denominación y dislexia	73
2.6 Velocidad lectora	82
2.6.1 Velocidad lectora y dislexia	84
2.7 Electroencefalografía	87
2.7.1 Electroencefalografía y dislexia	92

Capítulo III: Problema, objetivos e hipótesis	98
3.1 Planteo del problema	98
3.2 Objetivos	100
3.2.1 Objetivos generales	100
3.2.2 Objetivos específicos	101
3.3 Hipótesis	101
Capítulo IV: Metodología	106
4.1 Diseño de investigación	106
4.2 Participantes	106
4.3 Técnicas de recolección	108
4.3.1 Instrumentos	108
4.4 Procedimiento	113
4.5 Análisis estadístico	115
Capítulo V: Resultados	120
5.1 Rendimiento cognitivo: atención	121
5.2 Rendimiento cognitivo: memoria de trabajo	123
5.3 Rendimiento cognitivo: velocidad de denominación	125
5.4.1 Rendimiento lingüístico: fluidez fonológica verbal	127
5.4.2 Rendimiento lingüístico: velocidad lectora	128
5.5.1 Rendimiento electrofisiológico: ondas theta	129
5.5.2 Rendimiento electrofisiológico: ondas alfa	131
5.5.3 Rendimiento electrofisiológico: ondas beta	132
5.5.4 Rendimiento electrofisiológico: ondas gamma	135
5.6 Análisis predictivo del Trastorno de Lectura	138
5.6.1 Capacidad predictiva de las tareas de fluidez verbal fonológica	138
5.6.2 Capacidad predictiva de la nominación	140
5.6.3 Predicción del trastorno de la lectura a partir de procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos	142
5.6.4 Análisis por redes neuronales	147
5.7 Valores normativos preliminares de la onda beta	158

Capítulo VI: Discusión	160
6.1 Trastorno de la lectura y procesos cognitivos	160
6.2 Trastorno de la lectura y procesos lingüísticos	166
6.3 Trastorno de la lectura y electroencefalografía	168
6.4 Trastorno de la lectura y onda beta	171
6.5 Trastorno de la lectura y variables predictoras	172
Capítulo VII: Conclusiones	175
Referencias	182
Anexos	216
Anexo A. Consentimiento informado para padres	216
Anexo B. Asentimiento informado para participantes	217
Anexo C. Entrevista semiestructurada	218

ÍNDICE DE TABLAS

Número	Título	Página
1	Descripción de la función de cada módulo del modelo ACT-R 6.0 y su representación cortical	52
2	Resumen de los instrumentos utilizados en la investigación	112
3	Indicadores para evaluar la calidad del modelo de clasificación	119
4	Características generales de los grupos estudiados	120
5	Rendimiento atencional de los grupos estudiados	121
6	Capacidad de Memoria de Trabajo para la subprueba de simetría del ACCES	124
7	Rendimiento del TMT-B en los grupos estudiados (medido en segundos)	125
8	Rendimiento de la velocidad de nominación de los grupos estudiados	126
9	Rendimiento de la fluidez fonológica de los grupos estudiados	127
10	Velocidad lectora y errores en la lectura de los grupos estudiados	129
11	Promedio de onda theta en los participantes (medida en μV^2)	130

12	Promedio de onda alfa en los participantes (medida en μV^2)	131
13	Promedio de onda beta 1 en los participantes (medida en μV^2)	133
14	Promedio de onda beta 2 en los participantes (medida en μV^2)	134
15	Promedio de onda gamma en los participantes (medida en μV^2)	135
16	Resumen de las ondas cerebrales con diferencias estadísticamente significativas	137
17	Resumen de los p valor y tamaños del efecto de los electrodos con ondas cerebrales que presentan diferencias estadísticamente significativas	137
18	Pasos de la regresión logística binaria para las tareas de fluidez verbal fonológica (FVF)	139
19	Matriz de confusión de las tareas de fluidez verbal fonológica	140
20	Pasos de la regresión logística binaria para las tareas de nominación	141
21	Matriz de confusión considerando tareas denominación	142
22	Pasos de la regresión logística binaria para determinar las variables predictoras de un trastorno de la lectura	144
23	Matriz de confusión de la regresión logística binaria	147
24	Resumen del modelo de redes neuronales	149

25	Resumen de hiperparámetros utilizados en el modelo de redes neuronales	149
26	Matriz de confusión de la fase de entrenamiento de la ANN	151
27	Precision, recall y specificity de la fase de entrenamiento de la ANN	151
28	Matriz de confusión de la fase de pruebas de la ANN	152
29	Precision, recall y specificity de la fase de pruebas de la ANN	152
30	Área bajo la curva del modelo	153
31	Importancia relativa de las variables predictoras incluidas en el ANN	154
32	Corrección de valores p mediante el procedimiento de Benjamini-Hochberg	156
33	Percentiles de la variable beta 2 en el electrodo F8	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Modelo multicomponente de la memoria de trabajo	48
2	Modelo de funciones ejecutivas propuesto por Peter Anderson	50
3	Secuencia para la enseñanza e intervención de la conciencia fonológica	63
4	Modelo para la nominación de letras	72
5	Imagen del electroencefalograma portátil Emotiv Epoc+®	89
6	Imagen referencial de cómo se vería un usuario con el electroencefalograma portátil Emotiv Epoc+®	89
7	Localización de los electrodos de un electroencefalograma utilizando el sistema de coordenadas 10-10 modificado	90
8	Imagen referencial de los electrodos que utiliza el electroencefalograma portátil Emotiv Epoc+®	91
9	Gráfico del área bajo la curva del modelo	153
10	Orden descendente de las variables independientes de las ANN	155

ÍNDICE DE SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo.
AC	Arquitectura cognitiva.
ACCES	Adaptive Composite Complex Span.
ACNS	American Clinical Neurophysiology Society
ACT-R	Adaptative Control of Thought-Rational.
ADHD	Trastorno por déficit atencional con hiperactividad.
AED	Análisis exploratorio de datos.
AF	Electrodos ubicados en la zona frontal anterior.
AG	Giro angular.
ANN	Análisis por redes neuronales.
ANT	Attention Network Test.
AUC	Área bajo la curva.
B	Coefficiente de regresión.
BH	Procedimiento de Benjamini-Hochberg.
CF	Conciencia fonológica.
CI	Coefficiente intelectual.
cm²	Centímetros cuadrados.
<i>d</i>	<i>d</i> de Cohen.
DD	Dislexia de desarrollo.
DE	Desviación estándar.

DSM	Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales.
EEG	Electroencefalografía.
Estad	Estadístico de contraste.
Exp(B)	Odds ratio.
F	Lóbulo frontal.
F7	Electrodo ubicado en el lóbulo frontal izquierdo.
F7_ALFA	Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo F7.
F7_BH	Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F7.
F7_BL	Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo F7.
F7_GAMMA	Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo F7.
F7_THETA	Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo F7.
F8	Electrodo ubicado en el lóbulo frontal derecho.
F8_ALFA	Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo F8.
F8_BH	Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F8.
F8_BL	Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo F8.
F8_GAMMA	Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo F8.
F8_THETA	Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo F8.
FC	Electrodos ubicados en la zona frontocentral.
FDR	Tasa de Falsos Descubrimientos de Benjamini-Hochberg.
FE	Funciones ejecutivas.
FFT	Transformada Rápida de Fourier.
FFV_A	Fluidez verbal fonológica con el fonema /a/.
FFV_F	Fluidez verbal fonológica con el fonema /f/.

FFV_FAS	Sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica.
FFV_S	Fluidez verbal fonológica con el fonema /s/.
FISENC	Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica.
FN	Falso negativo.
FP	Falso positivo.
FVF	Fluidez verbal fonológica.
GF	Giro fusiforme.
gl	Grado de libertad.
Hz	Hertz.
IFG	Giro frontal inferior.
Ln	Logaritmo natural.
LN_ANT_AE_MEAN	Logaritmo natural de la media del efecto de la red de alerta.
LN_ANT_CE_MEAN	Logaritmo natural de la media del efecto de la red de conflicto.
LN_ANT_OE_MEAN	Logaritmo natural de la media del efecto de la red de orientación.
LR	Likelihood ratio.
<i>M</i>	Media.
Máx	Valor máximo.
Mín	Valor mínimo.
MLP	Memoria de largo plazo.
MT	Memoria de trabajo.
ms	Milisegundos.

MTG	Giro temporal medio.
<i>n</i>	Tamaño de la muestra que se analiza.
<i>N</i>	Número total de cada población.
NEE	Necesidad educativa especial.
NOM_COL	Velocidad de nominación de colores.
NOM_LETRAS	Velocidad de nominación de letras.
NOM_NUM	Velocidad de nominación de números.
NOM_OBJ	Velocidad de nominación de objetos.
NOM_TOTAL	Sumatoria de las tareas de nominación.
O	Lóbulo occipital.
<i>p</i>	Valor de significancia estadística.
P	Lóbulo parietal.
P25	Percentil 25.
PAT	Procesamiento auditivo temporal.
PM	Perceptrón multicapa.
pSTG	Giro temporal superior en su porción posterior.
RAN	Denominación automatizada rápida.
RAS	Rapid Alternating Stimulus.
<i>RIQ</i>	Rango intercuartil.
RLD	Dificultades en el aprendizaje de la lectura.
RNA	Redes neuronales artificiales.
ROC	Receiver Operating Characteristic.
Rtl	Response to Intervention.
Sig.	Significación estadística.
SMG	Giro supramarginal.

SVM	Metodolog+ia de máquinas vectoriales.
<i>t</i>	Prueba <i>t</i> de Student.
T	Lóbulo temporal.
TE	Tamaño del efecto.
T7	Electrodo ubicado en el lóbulo temporal izquierdo.
T7_ALFA	Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo T7.
T7_BH	Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T7.
T7_BL	Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo T7.
T7_GAMMA	Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo T7.
T7_THETA	Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo T7.
T8	Electrodo ubicado en el lóbulo temporal derecho.
T8_ALFA	Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo T8.
T8_BH	Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T8.
T8_BL	Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo T8.
T8_GAMMA	Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo T8.
T8_THETA	Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo T8.
TDAH	Trastorno por déficit atencional e hiperactividad.
TDC	Trastorno de desarrollo de la coordinación.
TDL	Trastorno del desarrollo del lenguaje.
TEA	Trastorno específico del aprendizaje.
TMT-A	Trail Making Test – A.
TMT-B	Trail Making Test – B.
TL	Trastorno de la lectura.
TO	Trastorno de ortografía.
TSH	Trastorno de los sonidos del habla.

U	U de Mann-Whitney.
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
uV²	Microvoltios al cuadrado.
VAS	Lapso de atención visual.
VD	Velocidad de denominación.
VL	Velocidad lectora.
VN	Verdadero negativo.
VP	Verdadero positivo.
WAIS	Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos.
WCST	Wisconsin Card Sorting Test.
Weka	Waikato Environment for Knowledge Analysis.
WM_SYM_RECALL	Recuerdos correctos de patrones simétricos para evaluar la memoria de trabajo.

INTRODUCCIÓN

La lectura es uno de los procesos primordiales para acceder al mundo actual, permitiendo una participación plena en la sociedad y una entrada permanente a los diferentes aprendizajes (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2013). Sin embargo, y a pesar de que existan una gran cantidad de campañas que fomentan el aprendizaje de la lectura, aún existen en el mundo 781 millones de personas analfabetas (UNESCO, 2015).

En primer lugar, hay que considerar que leer implica, en un sentido amplio, aprender a pensar de otra manera, considerándose un proceso básico para el desarrollo del resto de los aprendizajes (Bravo, 2013; González y Delgado, 2007). Asimismo, para que este proceso se desarrolle de la mejor manera posible es necesario que, junto con la práctica, el niño tenga un sustento cognitivo y lingüístico que permita asentar la lectura. Sin embargo, en ocasiones este proceso no se desarrolla de acuerdo con lo esperado para la edad, y es aquí en donde puede surgir algún trastorno de la lectura.

Los trastornos de la lectura o dislexia (Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, texto revisado [DSM-5-TR], 2022), son las dificultades del aprendizaje con mayor prevalencia en la población infantil y adolescente escolarizada, situándose alrededor del 6% (Galuschka y Schulte-Körne, 2016), o incluso pudiendo llegar al 17% (Barquero et al., 2014). En Estados Unidos corresponde a un trastorno común, alcanzando el 80% de todas las dificultades

de aprendizaje, en donde se sugiere que un déficit en la conciencia fonológica sería el causante de los problemas de decodificación de un texto (Maisog et al., 2008).

Sin embargo, y a pesar de ser una condición con una elevada prevalencia en las instituciones educativas, aún no existe coherencia en su diagnóstico, ya sea desde el punto de vista clínico y neuropsicológico o psicológico/psicoterapéutico (Galuschka y Schulte-Körne, 2016), como gubernamental. Por ejemplo, desde este último punto de vista, de acuerdo con lo propuesto por el Ministerio de Educación de Chile (2010), un estudiante con un diagnóstico cognitivo de base no podría ser diagnosticado con una dislexia o un trastorno lector, lo que se contrapone totalmente a lo emanado por la Asociación Americana de Psiquiatría (DSM-5-TR, 2022), ya que personas con un coeficiente intelectual (CI) de 70 +/- 5 puntos, podrían perfectamente tener un diagnóstico de trastorno de la lectura. En este punto es importante mencionar que, si bien existen matices conceptuales y diagnósticos según el autor, institución o sistema de clasificación empleados, para la presente tesis se utilizarán de manera equivalente las denominaciones “dislexia”, “trastorno de la lectura” y “trastorno específico del aprendizaje con dificultades en la lectura”.

Sumado a lo anterior, existe evidencia de que la lectura sentaría sus bases de acuerdo con ciertos precursores neuropsicológicos de la lectura, en donde la conciencia fonológica sería el más importante (Melby-Lervåg et al., 2012), pero no el único (Kudo et al., 2015; Parrila et al., 2020; Rosselli et al., 2006). De acuerdo con lo anterior, cobra real importancia investigar sobre los principales precursores de la lectura en población con y sin un trastorno lector, permitiendo dilucidar no sólo si un déficit en la conciencia fonológica influye o permite

clasificar entre los grupos individualizados previamente, sino también si existen otros procesos neuropsicológicos que permitirían esta diferenciación de grupos. En este punto, es importante mencionar que la conciencia fonológica se considera una habilidad metalingüística que permite a los niños identificar, analizar y manipular la estructura de los sonidos del lenguaje (Andreola et al., 2021; Schuele y Boudreau, 2008), siendo necesaria para lograr la decodificación de la escritura alfabética (Schuele y Boudreau, 2008).

Durante las últimas décadas, y desde la primera definición de los trastornos del aprendizaje en el mundo (Kirk, 1962), han existido diversos esfuerzos por intentar consensuar la mejor manera para poder evaluar sistemáticamente la lectura, en donde a los clásicos instrumentos de “papel y lápiz”, se han ido sumando técnicas más avanzadas, incorporando estudios de neuroimagen o incluso con señales electrofisiológicas (Andreadis et al., 2009; Guerrero-Aranda y González-Garrido, 2016).

Por otra parte, identificar que variables podrían predecir la presencia de un trastorno de la lectura es fundamental no sólo para poder establecer evaluaciones neuropsicológicas de acuerdo con el perfil lector esperado, sino también para la realización de intervenciones y/o desarrollo de programas de estimulación preescolar más personalizados.

En síntesis, la presente investigación se propuso contribuir al conocimiento de las bases cognitiva, lingüística y electrofisiológica del trastorno de la lectura. Además, tiene como propósito aportar herramientas objetivas y de bajo costo para su evaluación, ya sea por medio de la realización de tareas de papel y lápiz, como a través de un electroencefalograma portátil (cuyo valor ronda los mil dólares). Este último, por sus características, permitiría analizar y

utilizar posibles biomarcadores para la detección temprana de las dificultades de lectura de una forma amigable y no invasiva para el niño, y que cuenta con publicaciones científicas que respaldan el uso de estos dispositivos para este tipo de investigaciones (Badcock et al., 2013; Hernández-Vásquez et al., 2023; Parmar y Paunwala, 2023). Lo anterior, permitirá ampliar la base de conocimientos del proceso lector y de sus trastornos con una implicancia no sólo local y latinoamericana, sino global, ya que las técnicas de análisis de datos utilizadas y los datos electrofisiológicos obtenidos permitirán que el estudio pueda ser replicado en otras latitudes, y así poder seguir profundizando en esta importante temática.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL PROCESO LECTOR

1.1 Breve historia e importancia de la lectura

La lectura es definida típicamente como el procesamiento de la información textual para recuperar el significado de cada palabra, frase y oración, en donde a menudo el objetivo es aprender algo nuevo (Rayner et al., 2016), cuyo origen se estima que apareció junto con los primeros sistemas de escritura, hace unos 10.000 años (Gayán, 2001). Sin embargo, para que una lectura sea exitosa requiere más que reconocer una secuencia de palabras individuales, sino que también es necesario comprender las relaciones entre ellas y hacer inferencias (Rayner et al., 2016).

El proceso lector no sólo posibilita un acceso permanente a diferentes aprendizajes (UNESCO, 2013), sino que también es fundamental para el desarrollo intelectual y social (Foncubierta y Fonseca, 2018). Sin embargo, requiere de un trabajo que se inicia en las primeras edades, con el establecimiento adecuado tanto del lenguaje oral, como del resto de los precursores de la lectura (Gutiérrez-Fresneda et al., 2017), a lo que se añade su naturaleza multidimensional, la cual se podría ver afectada por la edad, el tipo de lengua y los nuevos dispositivos con que se lee (Foncubierta y Fonseca, 2018). Asimismo, es importante destacar que, desde un punto de vista histórico, es imposible separar la lectura de la escritura (Parada, 2017).

Si bien en la actualidad se ha democratizado el acceso de la lectura a toda la población, sin importar el origen o clase social, en un comienzo, se cree que

tanto la lectura como la escritura fue concebida como una habilidad o herramienta de ciertos sectores privilegiados de la sociedad (Gayán, 2001; Parada, 2017). Uno de los inventos que ayudó a popularizar la lectura y la escritura fue la imprenta, creada por Gutenberg en alrededor del 1450. En donde si bien se amplió el público objetivo, aún seguía siendo exclusivo sólo para eruditos e intelectuales (Gayán, 2001). No obstante, la lectura masiva por parte de la población es relativamente reciente, la cual está ligada a la implementación de la educación general institucionalizada a finales del siglo XIX en distintas partes del mundo (Gayán, 2001)

Por otra parte, dentro de los primeros 1.500 años posteriores al origen de la lectura y escritura, la alfabetización se relacionaba a la escritura extensa de listas de palabras, en donde casi la totalidad de los textos estaban vinculados con la índole económica, comercial y fiscal (Viñao, 2002). Para la cultura sumeria el escribir era la principal actividad que se realizaba en las escuelas, en donde obviamente para poder adquirir a cabalidad estos procesos, era necesario mucho esfuerzo y tiempo (Viñao, 2002).

Las listas de palabras o lexicales utilizadas en un inicio del proceso de lecto-escritura, podrían haber sido las causantes de las escrituras silábicas, de las cuales se derivaría el alfabeto, en aproximadamente 2.000 años desde el origen (Viñao, 2002). Por escritura silábica se refiere a todas aquellas escrituras que están compuestas por silabarios simples, es decir, en los que cada signo representa el sonido de una vocal, de una consonante o de una sílaba compuesta únicamente por consonante y vocal de manera directa (Olivier, 2012).

De acuerdo con lo planteado por Viñao (2002), el alfabeto fue creado en Grecia, en alrededor del año 700 antes de Cristo (a.C.) y permitió:

- La cobertura de todos los sonidos de las letras utilizadas o fonemas.
- La ausencia de ambigüedades en la utilización de dichos fonemas.
- Reducir las formas gráficas a 20 o 30, lo que facilitaría su posterior aprendizaje y reconocimiento.
- La instauración de un hábito inconsciente en el cerebro, que permita tanto el reconocimiento de las letras y sus combinaciones, como la relación con los sonidos.

Si en un comienzo la base de la enseñanza-aprendizaje del proceso lector-escritor era la escritura, ahora, con la utilización del alfabeto, la base fue el deletreo, situación que se mantuvo hasta finales del siglo XVIII, otros 2 milenios después, (el que aún se mantiene combinado o de manera única en muchas escuelas) (Viñao, 2002). En Grecia, el deletreo se caracterizaba por decir el nombre de las letras del alfabeto, en el orden normal o desde la última letra a la primera, pasando por el deletreo de todas las sílabas, monosílabos, palabras y textos breves, lo que se mantuvo hasta avanzada la Edad Media (Viñao, 2002).

Posteriormente, a finales del siglo XVIII e inicio del XIX, se produce una ruptura en relación con lo que se venía utilizando, comenzando a enseñar paulatinamente la enseñanza simultánea de la lectura y la escritura, eliminando las prácticas tradicionales de enseñanza y debido a que en esta época las personas se aventuraban a leer libros que escapaban a lo que leían clásicamente, surgiendo un nuevo lector, dando paso a la creación de las bibliotecas escolares y populares (Viñao, 2002).

Comprender como surge el proceso lector es y continuará siendo motivo de interés de diferentes disciplinas, entre las que se pueden incluir la psicología,

la educación, la neurociencia, la lingüística aplicada o las ciencias sociales (Foncubierta y Fonseca, 2018). Sin embargo, no hay que olvidar que cuando un niño aprende a leer, el lenguaje escrito se conecta con la creciente competencia del lenguaje oral (Pollatsek y Treiman, 2015). En los sistemas de escrituras alfabéticas, como el español, las unidades impresas se relacionan directamente a las palabras utilizadas en el lenguaje hablado, lo que requiere que las personas conozcan la relación letra-sonido (o conversión grafema-fonema) y tengan desarrollada la habilidad del mapeo ortográfico, pudiendo vincular la ortografía con las pronunciaciones almacenadas en la memoria (Pollatsek y Treiman, 2015).

La investigación y la teoría han pasado de ver el aprendizaje de la lectura como un proceso mayoritariamente madurativo, hacia uno que se desarrolla por medio de la combinación interactiva de habilidades innatas y experiencias ambientales (Kamil et al., 2011). Dentro de este último punto, existe una gran área dedicada a investigar cómo el desarrollo del lenguaje oral en el hogar proveería evidencia acerca de cómo estos apoyos cognitivos y lingüísticos brindados en los primeros años se relacionarían con las habilidades fundamentales para el desarrollo de la alfabetización y el lenguaje (Kamil et al., 2011), en donde, incluso se ha demostrado que entre el 40 y el 75% de los preescolares que presenten alguna alteración lingüística podrían evidenciar un compromiso en la adquisición de la lectura, destacando que aquellos infantes con dificultades fonológicas y sintácticas pesquisadas entre los dos y tres años, podrían llegar a ser lectores deficientes (Scarborough y Fowler, 1992).

Aunque los lectores hábiles dependen hasta cierto punto de las claves del contexto para reconocer palabras, la lectura exitosa de palabras depende

principalmente de las habilidades de decodificación (Kamil et al., 2011). Las habilidades subyacentes a la decodificación incluyen el conocimiento de los nombres de las letras y la conciencia fonológica, la percepción de que las letras representan (más o menos) sonidos individuales en palabras aisladas (es decir, el principio alfabético), conocimiento de las convenciones de las letras impresas (por ejemplo, la dirección en la que se accede a lo impreso desde la página) y comprensión de que lo impreso transmite significado (Kamil et al., 2011).

1.2 Neuroanatomía de la lectura

Cuando una persona aprende a leer, se producen una serie de modificaciones a nivel cortical, en donde se plantea que el cerebro se reorganizaría o “reciclaría” ciertas partes de la corteza cerebral para poder leer (Dehaene et al., 2015). Dentro de las modificaciones que ocurrirían, se encuentran una mejora en el procesamiento visual, en la vía occipito-temporal ventral, en el surco occipito-temporal izquierdo (el cual permite el reconocimiento de letras) y en el surco occipito-temporal derecho (especializándose en el reconocimiento de caras) (Dehaene et al., 2015), e incluso se producirían modificaciones a nivel del fascículo arqueado del hemisferio izquierdo (Thiebaut et al., 2012).

Por otra parte, y continuando con la neuroanatomía del proceso lector, se ha establecido que ésta se encontraría conformada por una red compuesta por tres áreas del hemisferio izquierdo: una región ventral posterior, una región dorsal posterior y una región anterior (Barquero et al., 2014; Richlan, 2019, 2020). La región ventral posterior estaría localizada en la zona occipito-temporal

inferior y se relacionaría con el procesamiento visual y el reconocimiento de palabras (Barquero et al., 2014), en donde el giro fusiforme (GF) cumpliría un rol muy importante para lograr esta función (Weiner y Zilles, 2016). La región dorsal posterior está compuesta por el giro temporal superior en su porción posterior (pSTG, por sus siglas en inglés), el giro supramarginal (SMG, por sus siglas en inglés) y el giro angular (AG, por sus siglas en inglés), y se involucraría en el procesamiento fonológico, la transformación de representaciones ortográficas a representaciones fonológicas y en el procesamiento semántico (Barquero et al., 2014). La región anterior se encuentra en y alrededor del giro frontal inferior (IFG, por sus siglas en inglés), estando relacionado con el procesamiento fonológico y pudiendo estar involucrado en la recodificación articulatoria, en donde el input fonológico se transforma en los gestos para la articulación del habla y en el procesamiento semántico (Barquero et al., 2014).

Sumado a lo anterior, y en relación con la comprensión lectora, los estudios señalan que ésta se encontraría en el SMG y AG izquierdos y de manera bilateral en los giros temporales medios (MTG, por sus siglas en inglés) y en los STG (Barquero et al., 2014).

1.3 Trastorno de la lectura

El trastorno específico del aprendizaje (TEA) con dificultades en la lectura (DSM-5-TR, 2022), trastorno de la lectura (Galuschka y Schulte-Körne, 2016) o simplemente dislexia (DSM-5-TR, 2022), se caracteriza por presentar una lectura lenta, con muchos errores y con problemas para comprender lo leído (Facoetti et al., 2021; Galuschka y Schulte-Körne, 2016; DSM-5-TR, 2022). La prevalencia

mundial de este trastorno oscila entre los 6% (Galuschka y Schulte-Körne, 2016) y los 17% (Barquero et al., 2014). Asimismo, la brecha entre aquellos estudiantes que presentan dificultades lectoras y sus pares que no podrían aumentar con el paso del tiempo, podría impactar negativamente tanto en el rendimiento académico, como con las oportunidades laborales y la interacción social (Barquero et al., 2014).

De acuerdo con lo planteado por la Asociación Americana de Psiquiatría (DSM-5-TR, 2022), el TEA con dificultades en la lectura, se caracterizaría por presentar alteraciones en el proceso del aprendizaje y una utilización adecuada de las aptitudes académicas, en un periodo igual o superior a los seis meses (DSM-5-TR, 2022). Dentro de las dificultades lectoras, es importante evaluar y notificar si el estudiante manifiesta alteraciones en la precisión lectora, en la velocidad o fluidez de la lectura y en la comprensión lectora (DSM-5-TR, 2022). En el mismo manual, señalan el concepto de dislexia como un término alternativo para el TEA con dificultades específicas en la lectura (DSM-5-TR, 2022). Es importante mencionar que, para su diagnóstico correcto, éste no debe estar asociado a alguna condición de base, ya sean trastornos del desarrollo intelectual, a algún trastorno global del desarrollo, a alteraciones auditivas o visuales, o a la presencia de algún trastorno neurológico o motor (DSM-5-TR, 2022). Sin embargo, ya se podría estar en presencia de algún TEA, con un coeficiente intelectual (CI) de 70 +/- 5 puntos (DSM-5-TR, 2022).

Cualquier trastorno del aprendizaje, incluido el del proceso lector, se caracteriza por ser un trastorno del neurodesarrollo con un claro origen biológico, en el cual confluyen factores genéticos, epigenéticos y ambientales (DSM-5-TR,

2022). Es importante destacar que un TEA dura para toda la vida del individuo que lo posea (DSM-5-TR, 2022).

Es así, que desde un punto de vista neuroanatómico y de acuerdo a lo planteado por Ramus et al. (2018), si bien existen variados estudios que apuntan, por medio de la utilización de técnicas de neuroimagen, a que existirían diferencias estructurales a nivel del cerebro entre personas con y sin dislexia, la única diferencia robusta desde un punto de vista neuroanatómico, es que el volumen cerebral de las personas con dislexia es levemente más pequeño que los controles sin este trastorno ($d= 0.4$). Por otra parte, de acuerdo con lo planteado por Richlan (2019, 2020), en base a hallazgos de revisiones narrativas y a metaanálisis de estudios de neuroimagen, existirían diferencias en la activación de diversas áreas cerebrales entre las personas con y sin dislexia, detallando a continuación lo que ocurre en el cerebro de los lectores disléxicos:

- Hipoactivación de la corteza temporo-parietal posterior izquierda (circunvolución temporal media, circunvolución temporal superior, giro supramarginal y giro angular) y del córtex occípito-temporal izquierdo (circunvolución temporal inferior y giro fusiforme)
- Activación cortical anormal en la corteza frontal izquierda, presentando una hipoactivación en el giro frontal inferior y una sobreactivación en el giro precentral.
- Si bien son reportes ocasionales, existirían algunos estudios que señalarían que las personas disléxicas presentarían anomalías en la activación cortical bilateral, subcortical y a nivel cerebelar (Richlan, 2019, 2020).

Sin embargo, y desde un punto de vista funcional, existirían diversos estudios que apuntarían a establecer diferencias en el funcionamiento de ciertas zonas cerebrales entre las personas con y sin algún trastorno de la lectura, caracterizadas generalmente por una actividad reducida en regiones del hemisferio izquierdo para las personas con trastornos de la lectura (Barquero et al., 2014), con hipoactivación general de las regiones temporo-parietales (incluyendo el STG) y occípito-temporal ventral (incluyendo el estriado lateral, giro fusiforme y el giro temporal inferior) y sobreactivación del IFG izquierdo (Barquero et al., 2014). Asimismo, existen algunos estudios que señalan una mayor activación en el hemisferio derecho en personas con trastorno de la lectura, como un mecanismo de compensación al realizar el proceso lector, mecanismo que ya podría ser desarrollado desde el segundo año básico (Barquero et al., 2014). Dentro de las áreas del hemisferio derecho que presentaría mayor activación, se encontraría el tálamo derecho y la ínsula anterior (Maisog et al., 2008).

Sumando a lo anterior, es importante destacar que un estudiante cuando comienza a leer y debido al “reciclaje” neuronal del giro fusiforme izquierdo, es posible que confunda las letras o las invierta, especialmente las que son parecidas (b,d,p,q) (Dehaene, 2013), pero este error no debe ser considerado como un signo de dislexia, ya que su origen generalmente se asocia con una reducida habilidad lectora y sólo si esta confusión persiste sobre los 8 años, podría ser indicativo de un déficit lector (Dehaene et al., 2010; Dehaene, 2013).

1.4 Subtipos de dislexia

Coltheart et al. (1993), propusieron un modelo de doble ruta para la lectura de palabras, el cual permitía describir los déficits en la dislexia en base a que, si éstos estaban localizados en el nivel léxico, sub-léxico o en ambos (Goldstein-Marcusohn et al., 2020). El modelo de doble ruta sugiere que los lectores expertos poseen dos procesos cognitivos separados que les permiten leer: la ruta léxica, la cual realiza una búsqueda en el diccionario mental, y la ruta sub-léxica o no léxica, la cual permite la conversión de letra a sonido o grafema a fonema (Goldstein-Marcusohn et al., 2020). Es así, que la dislexia sería el resultado debido a la afectación de una o más de estas vías, ya que diferentes déficits dan como resultados diferentes tipos de dificultades lectoras (Goldstein-Marcusohn et al., 2020). De acuerdo con este modelo, existirían al menos tres subtipos de dislexia: la superficial, la fonológica y la mixta o superficial-fonológica, en donde en esta última se produciría una combinación de ambos cuadros (Goldstein-Marcusohn et al., 2020).

La dislexia superficial se caracteriza por manifestar dificultades con las habilidades ortográficas o léxicas (de la palabra completa), es decir, dificultad para leer palabras deletreadas irregularmente, pero con las habilidades fonológicas relativamente intactas, es decir, tiene la capacidad para leer palabras escritas con regularidad y cadenas de letras que no son palabras (Birch, 2016).

En cambio, la dislexia fonológica se caracteriza por presentar el patrón opuesto, es decir, manifestar dificultades con las habilidades fonológicas requeridas para calcular la pronunciación de pseudopalabras, pero la capacidad de leer palabras regulares e irregulares se encuentra relativamente conservada (Birch, 2016).

CAPÍTULO 2: PRECURSORES Y PROCESOS DE LA LECTURA Y LA DISLEXIA

2.1 Precursores neuropsicológicos de la lectura

Decidir cuándo enseñar a los niños a leer y qué condiciones deben cumplirse previamente, son aspectos fundamentales en el área educativa (Puente et al., 2016). Es así, que surgen una serie de precursores neuropsicológicos fundamentales para el desarrollo y afianzamiento del proceso lector (Guevara y Merino, 2019), existiendo un punto óptimo en el desarrollo en el que los niños poseen los recursos cognitivos y neurológicos para aprender a leer con éxito (Puente et al., 2016).

Dentro de los precursores del proceso lector, la conciencia fonológica se alza como una de las principales habilidades para lograr la lectura (Knoop-Van et al., 2018; Kudo et al., 2015; Melby-Lervåg et al., 2012; Parrila et al., 2020; Rosselli et al., 2006), acompañada de la memoria de trabajo verbal (Knoop-Van et al., 2018; Kudo et al., 2015; Peng y Fuchs, 2016; Rosselli et al., 2006; Savage et al., 2007; Swanson et al., 2009), velocidad de denominación (Kudo et al., 2015; Parrila et al., 2020; Rosselli et al., 2006), memoria verbal de corto plazo (Kudo et al., 2015; Melby-Lervåg et al., 2012; Parrila et al., 2020; Swanson et al., 2009), procesamiento auditivo temporal (Parrila et al., 2020), memoria procedural (Lum et al., 2013), habilidades perceptivo-motoras (Kudo et al., 2015), el vocabulario (Kudo et al., 2015; Rosselli et al., 2006), la capacidad para decodificar estímulos

visuales (Rosselli et al., 2006) y la habilidad para mantener la atención y la concentración (Rosselli et al., 2006).

Por tanto, y a raíz de lo expuesto anteriormente, se desprende que aquellos escolares con algún trastorno de la lectura tienen mermados uno o varios de los precursores señalados, lo que se traduce en dificultades para poder leer y/o comprender los diferentes tipos de textos.

Asimismo, y si bien previamente se presenta una serie de precursores neuropsicológicos relacionados con el proceso lector, a continuación, se procederá a profundizar en aquellas variables cognitivas, lingüísticas y electrofisiológicas relacionadas con los objetivos de la presente investigación.

2.2 Atención

La atención corresponde a un conjunto básico de mecanismos que subyacen a nuestra conciencia del mundo y la regulación voluntaria de los pensamientos y sentimientos (Abundis-Gutiérrez et al., 2014), en donde su consideración como central para el desempeño de las personas se remonta a los inicios de la psicología experimental (Posner y Petersen, 1990). Es importante mencionar que la psicología experimental tiene su origen entre finales del siglo XIX e inicios del siglo XX (Meyer et al., 2018).

Existen tres aspectos fundamentales con relación a la atención (Petersen y Posner, 2012; Posner y Petersen, 1990):

- Primero, los sistemas atencionales se encuentran anatómicamente separados de los sistemas de procesamiento de la información, lo que

permitiría posteriormente manejar los estímulos venideros, tomar decisiones y producir una respuesta. Complementando este punto, Verschooren et al. (2019) plantea que la información que ingresa puede provenir tanto del medio interno como externo y que este control atencional debe enfocarse en aquellos estímulos relacionados con un objetivo o que sobresalgan del resto para que, posteriormente, puedan ser procesados (señalando además que esta capacidad de procesamiento de la información es limitada y que el control atencional debe ser flexible para cambiar de acuerdo con las demandas ambientales).

- Segundo, la atención utiliza una red de áreas anatómicas. Lo que se traduce en que no pertenece a un único centro ni tampoco a una función del cerebro funcionando como un todo.
- Tercero, las áreas anatómicas involucradas en la atención realizan diferentes funciones que pueden ser especificadas en términos cognitivos.

Asimismo, los canales sensoriales de entrada de la atención que más han sido estudiados son el auditivo y el visual, aunque la segunda mucho más que la primera (Kaya y Elhilali, 2016). Lo anterior ocurre, ya que raramente los estímulos se presentan de manera aislada y, de igual forma, entre ambas vías de entrada de información se apoyan para poder comprender la información del ambiente, como por ejemplo entender lo que dice una persona en una sala ruidosa incorporando la lectura de los movimientos de la boca (Gao et al., 2023). Con relación a la atención auditiva, Kaya y Elhilali (2016) plantean que las personas constantemente necesitan rastrear y clasificar los sonidos para buscar

información relevante, lo que sucede gracias a la atención, ya que ésta mediaría la percepción y el comportamiento para centrarse en los recursos sensoriales y cognitivos de la información acústica. Asimismo, plantean que la atención auditiva sería modulada por factores sensoriales “bottom-up” o de abajo hacia arriba, y “top-down” o de arriba hacia abajo, para los objetivos específicos de la tarea, las expectativas y los esquemas aprendidos (Kaya y Elhilali, 2016). Por otra parte, Lockhofen y Mulert (2021) señalan que la atención visual correspondería al proceso cognitivo que permitiría procesar selectivamente la gran cantidad de información que nos enfrentamos día a día, la que al igual que la atención auditiva, sería regulada por mecanismos “bottom-up” y “top-down”. Además, y desde una mirada neuroanatómica, la atención auditiva mostraría activación de la circunvolución temporal superior izquierda, la circunvolución frontal medial izquierda, la ínsula izquierda y derecha; mientras que la atención visual mostró activación en la circunvolución temporal superior derecha (Gao et al., 2023). Del mismo modo, cuando la atención recluta estímulos auditivos y visuales (atención audiovisual), se activarían la ínsula derecha, la circunvolución temporal media derecha y la circunvolución temporal superior derecha (Gao et al., 2023).

Finalmente, es posible dividir la atención en tres redes, las cuales representan a procesos atencionales diferentes y que, a su vez, se encuentran circunscritas a zonas anatómicas específicas (Fan et al., 2002; Musso et al., 2012; Petersen y Posner, 2012; Posner y Petersen, 1990):

- Red de alerta: se centra en los sistemas de excitación del tronco encefálico en conjunto con los sistemas del hemisferio derecho relacionados con la vigilancia sostenida. En esta red, el sistema reticular

del tronco encefálico cumple un rol en el mantenimiento del estado de alerta básico.

- Red de orientación: alojada principalmente en la corteza parietal y frontal, se relacionaría con la habilidad para priorizar la entrada sensorial seleccionando una modalidad o ubicación.
- Red de atención ejecutiva: se encuentra en la línea media de la corteza frontal y del cíngulo anterior, encargándose del control de la interferencia y de la resolución de los conflictos entre diferentes respuestas.

2.2.1 Atención y dislexia

Lewandowska et al. (2014) para intentar determinar el perfil cognitivo de los estudiantes con dislexia ($n= 78$) y compararlo con un grupo control ($n= 32$), utilizaron una batería de instrumentos estandarizados que evaluaban diferentes funciones cognitivas, entre ellas diversos procesos atencionales. Los resultados de este estudio evidencian que los niños con dislexia manifestarían déficits en los siguientes procesos relacionados con la atención: alerta, cambios atencionales, atención dividida, flexibilidad y búsqueda visual. Estos hallazgos plantean que los programas de intervención deberían considerar los perfiles cognitivos individuales en los estudiantes con dislexia. Por su parte, Gabay et al. (2019) en su estudio que buscaban explorar cómo el control de la interferencia, un subcomponente de la atención selectiva se vería afectada en la dislexia de desarrollo (DD), reclutaron a 14 adultos con DD (24,28 años, $DE= 3,47$) y 14 adultos sin esta condición (26,07 años, $DE= 2,43$). A los individuos se les sometieron a realizar diferentes tareas, tanto visuales como auditivas, en donde debían realizar una respuesta motora, presionar la letra correspondiente en un

teclado cuando apareciera el estímulo adecuado, ignorando la orientación espacial de dónde provenía. Como resultado, si bien en los tiempos de respuesta para los estímulos visuales fueron similares para ambos grupos, en las tareas auditivas se observaron tiempos de reacción más largo en el grupo con DD versus el control. Los autores concluyen que, al parecer, el proceso atencional cumpliría un rol importantísimo en las tareas de decodificación fonológica, recordando que este proceso se veía comúnmente afectado en las personas con DD. Asimismo, Parkosadze et al. (2019) realizaron un estudio con el objetivo de establecer el estado de desarrollo de la atención visual y de las funciones ejecutivas (FE), en estudiantes de entre 7 y 12 años, con y sin diagnóstico de dislexia. El grupo de casos incluía a 15 escolares (3 niñas y 12 niños, edad= 9,5 +/- 1,8 años) y el de controles la misma cantidad de sujetos (4 niñas y 11 niños, edad= 9,7 +/- 1,8 años). Para evaluar las FE utilizaron el *Wisconsin Card sorting Test* (WCST, por sus siglas en inglés) y para la atención desarrollaron una tarea de búsqueda visual, en donde el individuo debía buscar la letra solicitada, dentro de una serie de 10, 20 o 30 elementos, entre los que además de letras había números como distractores. Se evaluaron a los participantes con estas tareas y posterior a un año se volvió a realizar la misma evaluación para medir la progresión de ambos procesos. Como resultados principales, los autores determinaron que, a pesar de obtener mejoras posteriores a un año, como era de esperarse, los estudiantes con dislexia manifestarían un enlentecimiento general de todos sus procesos de desarrollo, lo que afectaría el desarrollo de la atención y de las FE, y que en las evaluaciones se veía reflejado por un tiempo de respuesta mayor en el grupo con el diagnóstico de base.

Continuando en esta línea, Gavril et al. (2021) mediante un metaanálisis buscaban analizar los procesos de atención visual y su relación con el desarrollo de la lectura, encontrando una asociación consistente entre las habilidades de atención visual y la lectura. Sumado a esto, señalan que las habilidades de atención visual son más significativas en ortografías profundas. Por otro lado, con relación a la edad, concluyen que la brecha inicial de habilidades visuales entre buenos y malos lectores se incrementa hasta el final de la edad de escolarización obligatoria, la que se relacionaría con un retraso en la maduración de la orientación atencional en niños con dislexia al inicio de la alfabetización.

En un metaanálisis, McGrath y Stoodley (2019) buscaban identificar la superposición en las regiones cerebrales asociadas con dislexia o por déficit de atención e hiperactividad, refiriendo que existiría una distinción en el aumento y disminución de la materia gris en zonas cerebrales para ambos trastornos, superponiéndose incluso materia gris en el núcleo caudado derecho, pudiendo relacionarse con un desempeño compartido en las FE y/o en el aprendizaje procedimental.

Por otra parte, y continuando con investigaciones que intentan relacionar la atención visual con la dislexia, Cheng et al. (2021) encontraron, al analizar una muestra de 45 estudiantes con dislexia (edad= 10,11, $DE= 0,63$ años) y 43 sin esta condición (edad= 10,15, $DE= 0,58$ años), que una pequeña porción de individuos poseía un déficit en el span de atención visual verbal, en donde, además no encontraron una merma en el span de atención visual no verbal, concluyendo que, si bien la atención visual verbal tendría un rol en la presencia de la dislexia, éste sería menor en comparación al aporte de la conciencia fonológica. Asimismo, Facoetti et al. (2021) realizaron experimentos para

comparar el control de la orientación de la atención visual en niños con y sin trastornos de la lectura, estimulando ambos campos visuales, izquierdo y derecho, de manera tanto periférica como interna. En sus hallazgos, encontraron que los lectores normales mostraban una habilidad simétrica para orientar el foco de atención visual, ya sea de forma exógena o endógena. Sin embargo, en aquellos niños con dislexia se evidenciaba un control asimétrico de la atención del campo visual, lo que podría perjudicar en mayor medida la captura exógena por sobre la orientación endógena, explicando en parte, y en palabras de los autores, algunos de los problemas viso-perceptuales encontrados en la dislexia. Sumado a lo anterior, Buchholz y Aimola (2007), realizaron un estudio que examinó el efecto del parpadeo atencional al modificar las características del objetivo presentado. La muestra se compuso de un grupo de adultos con dislexia ($n= 5$) y otro grupo con lectura normal ($n= 11$), a quienes se les presentó una serie de dieciséis estímulos rápidos (letras mayúsculas o dígitos). Los resultados arrojaron que existe una mayor precisión al identificar el estímulo objetivo en condiciones iniciales (presencia de un estímulo objetivo de color rojo) que experimentales (presencia de dos estímulos de color rojo), lo que supone un déficit al identificar dos objetivos en vez de uno. Por otro lado, se evidencia que la atención reducida en personas con dislexia no se relaciona directamente con la magnitud del parpadeo atencional y las dificultades lectoras.

Pyere et al. (2017) realizaron una investigación que buscaba evaluar la efectividad del entrenamiento computarizado del movimiento ocular en niños con dislexia, cuya intervención iba dirigida a la capacidad de control de los movimientos sacádicos oculares, vergencia, atención y memoria visual. Sin

embargo, los resultados revelan que la intervención no contribuyó a una mejora en el rendimiento de la lectura.

Por su parte y si bien su investigación no se centró sólo en los aspectos atencionales, Nukari et al. (2019), mediante un ensayo clínico aleatorizado, evaluaron la efectividad de las intervenciones neuropsicológicas individuales y grupales sobre aspectos cognitivos de la dislexia en adultos jóvenes, en donde reclutaron a 120 participantes con dislexia y los distribuyeron en grupos de intervenciones grupales ($n= 40$), intervenciones individuales ($n= 40$) y grupo control en lista de espera ($n= 40$). Como resultado se obtiene que ambas intervenciones, tanto la individual como la grupal, mejoran el rendimiento cognitivo, observando un incremento en la velocidad de procesamiento, concentración, memoria y atención incluso después de 5 meses de finalizado el experimento, sugiriendo en ambas modalidades serían favorables para el abordaje de este tipo de población.

Finalmente, en relación con estudios que abordan la intervención de la atención para mejorar la lectura, Peters et al. (2021), mediante un ensayo clínico aleatorizado, buscaban investigar la efectividad del uso de videojuegos de acción como incremento lector en niños con dislexia, principalmente al incluir mayores demandas en la atención visual dinámica. La muestra se compuso de 64 participantes con dislexia (entre 8 y 13 años), estableciendo un grupo con tratamiento lector habitual ($n= 19$) y dos grupos en los cuales los participantes hacen uso del videojuego "Fruit Ninja" en dos modalidades diferentes, de manera regular haciendo uso de un mouse de computadora ($n= 22$) y utilizando el seguimiento ocular ($n= 23$), ambos con un total de 5 horas de entrenamiento. Los resultados destacan a la atención dinámica visual como agente importante

en la lectura al evidenciar una mejoría en la precisión, velocidad, denominación y comprensión lectora en los grupos que utilizaron el videojuego. Sin embargo, la implementación del seguimiento ocular no aumenta la eficacia, relacionando a la intervención lectora con el control atencional y no con la atención consciente y movimiento ocular.

Zhao et al. (2019) realizaron un estudio que investiga por un lado el vínculo causal entre el lapso de atención visual (VAS, por su sigla en inglés) y las habilidades relacionadas con la lectura en niños disléxicos que leen chino y, por otro lado, compara el efecto de la intervención basada en los subcomponentes del VAS y la influencia de la heterogeneidad de la dislexia del desarrollo. Para el estudio se seleccionaron 54 estudiantes entre cuarto y sexto grado de una escuela primaria: 20 estudiantes con dislexia y VAS normal, 20 estudiantes con dislexia y VAS alterado y 14 estudiantes con lectura normal, en donde cada grupo de estudiantes con dislexia se divide por igual en grupos entrenados y no entrenados. Se realizaron pruebas previas y posterior al entrenamiento y prueba de seguimiento. Durante el entrenamiento se utilizaron tareas de atención con estímulos de arriba hacia abajo, estímulos de abajo hacia arriba y tareas de seguimiento visual. Como resultado se plantea la influencia del VAS en las habilidades lectoras, evidenciando un incremento en el grupo con dislexia y un VAS alterado, sugiriendo que la heterogeneidad de la dislexia influye en el efecto de la intervención. Finalmente, se propone que un VAS alterado es más significativo en un sistema de ortografía profunda que en idiomas alfabéticos.

Del mismo modo, Peters et al. (2019) mediante una revisión sistemática, buscaban evaluar la efectividad en las intervenciones viso-atencionales

computarizadas dinámicas para una mejora en la lectura en niños disléxicos entre 5 y 15 años, obteniendo que estas intervenciones, aún sin necesitar instrucción fonológica u ortográfica explícita, generan una ganancia en la fluidez, comprensión, precisión y velocidad lectora en niños con dislexia, lo que sugeriría que los déficits viso-atencionales contribuyen a este trastorno. En otro sentido, Shaywitz et al. (2014) realizaron una investigación para evaluar la eficacia del medicamento atomoxetina sobre los síntomas del trastorno por déficit atencional e hiperactividad (TDAH) y dislexia y los efectos en la intervención lectora. La muestra se compuso de niños y adolescentes de 10 a 16 años con TDAH y dislexia ($n= 36$) y solo TDAH ($n= 20$), quienes recibieron la dosis diaria por 16 semanas. Los resultados evidenciaron una disminución en los síntomas del TDAH y un aumento en el rendimiento lector, sin embargo, las mejoras de los resultados en niños con TDAH y dislexia no pueden explicarse simplemente a la disminución de estos síntomas debido a una baja significancia de los resultados. De la misma forma, Keulers et al. (2007) efectuaron una investigación que proponía evaluar el rendimiento de lectura antes y después del tratamiento con metilfenidato. La muestra se compuso de niños con TDAH y dislexia ($n= 24$), niños con TDAH ($n= 9$) y niños con dislexia ($n= 24$). Los resultados demuestran un aumento en la capacidad atencional lo que se traduce en mejorías en el rendimiento lector en el grupo con TDAH y dislexia a diferencia de los demás grupos. Sin embargo, esta ganancia se reflejó sólo en presencia de la dificultad en esta habilidad y no revirtió el resultado bajo la norma, por lo que se concluye que el tratamiento evitaría un estancamiento del proceso lector en niños con TDAH y dislexia, más no una resolución a los problemas lectores.

En resumen, las investigaciones señalan que la atención se vería comprometida en la población escolar con trastorno de la lectura (TL), en donde las intervenciones, ya sea desde un punto de vista clínico o medicamentoso, podrían producir efectos positivos en el proceso atencional y, por consiguiente, en el proceso lector propiamente dicho.

2.3 Memoria de trabajo

La memoria de trabajo (MT) hace referencia a un sistema cerebral que provee almacenamiento temporal para la mantención de la información en la mente, para la realización de tareas complejas cuando dicha información no se encuentre presente de manera perceptiva, como ocurre en la comprensión del lenguaje, el aprendizaje y el razonamiento (Adams et al., 2018; Baddeley, 1992, 2003). Para Diamond (2013), la MT sería fundamental para poder darle sentido a cualquier cosa que se desarrolle a lo largo del tiempo, ya que eso siempre requiere tener en cuenta lo que sucedió antes y relacionarlo con lo que vendrá después. Por lo tanto, la MT es necesaria para poder darle sentido al lenguaje hablado o escrito (Diamond, 2013). Desde un punto de vista neuroanatómico, y si bien existen diversos estudios que apuntan a que la MT se encontraría circunscrita a la corteza prefrontal, al estar entrelazada con las funciones ejecutivas, reclutaría para su realización diversas zonas no sólo del lóbulo frontal, sino que también de regiones cerebrales posteriores (Miller et al., 2018), en donde incluso el cerebelo estaría involucrado (Rogers et al., 2018).

Por otra parte, y de acuerdo con lo planteado por Baddeley (1992, 2003), la MT no correspondería a un almacén unitario de memoria de corto plazo, sino

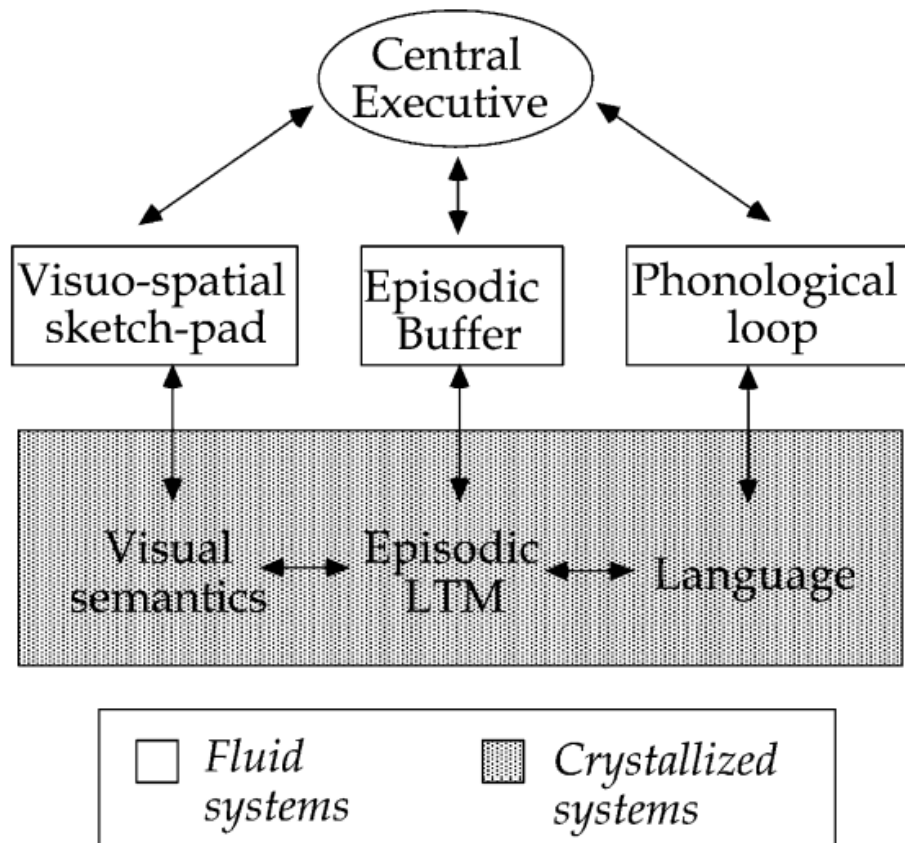
que estaría compuesto por más componentes. En un comienzo se propone la presencia de un sistema tripartito compuesto por un ejecutivo central y dos sistemas esclavos, la agenda visoespacial y el bucle fonológico (Baddeley, 1992), al que posteriormente se agregaría un cuarto componente, el buffer episódico (Baddeley, 2003) (Figura 1).

Es así, que uno de los componentes principales del modelo introducido anteriormente sería el ejecutivo central, el cual se encargaría del control atencional de los dos componentes dependientes o “esclavos” (Baddeley, 1992, 2003, 2009). Asimismo, el bucle fonológico estaría relacionado con el almacenamiento a corto plazo de la información acústica y verbal; y la agenda visoespacial estaría involucrada con el almacenamiento a corto plazo de la información visual (Baddeley, 1992, 2003, 2009).

Por otro lado, el cuarto subsistema del modelo de la MT, el buffer episódico, sería un sistema de almacenamiento temporal que permitiría combinar la información de los subsistemas (bucle fonológico y agenda visoespacial) con fragmentos de información pertenecientes a la memoria de largo plazo (MLP), siendo esto, además, una base para la alerta consciente (Baddeley, 2003, 2009).

Figura 1.

Modelo multicomponente de la memoria de trabajo.



Nota. Tomado de Baddeley (2003).

Sin embargo, algunas de las consideraciones propuestas por Baddeley (2003, 2009) han sido reemplazadas por definiciones que complementan sus postulados o los reemplazan. Es así, que en los modelos de Baddeley (2003, 2009), por ejemplo, éstos no lograban diferenciar MT del procesamiento de la información ni lograban explicar claramente la naturaleza del ejecutivo central y quién lo comanda. A raíz de esto, surgen diversas conceptualizaciones que vendrían a complementar o sustituir estos clásicos postulados acerca de las FE, eliminando el concepto unitario del “ejecutivo central” responsable del procesamiento multimodal y de las tareas cognitivas de alto nivel (Della-Sala et al., 1998) y considerando, además, a la MT como un constructo involucrado en

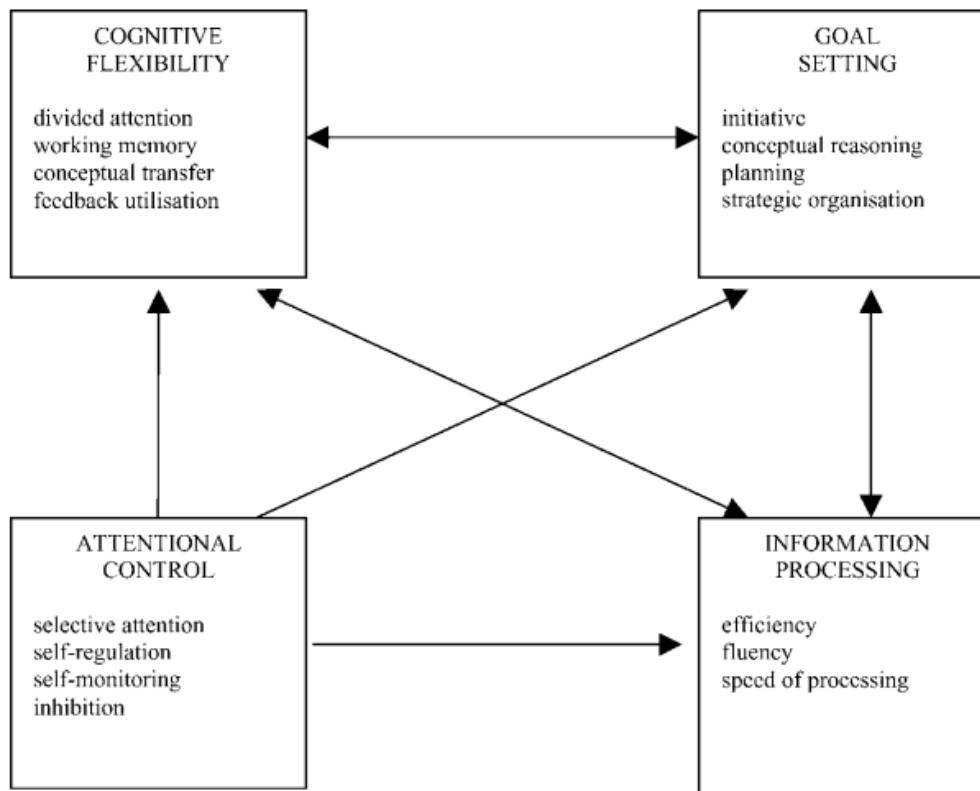
el mantenimiento activo de la información y en el procesamiento ejecutivo de la misma (Musso, 2009; Musso et al., 2019).

Por su parte, Engle (2002) señalaría que la MT correspondería a un constructo que es diferente a la memoria de corto plazo (aunque mantiene el concepto de almacenamiento de 7 ± 2 elementos o chunks que podría almacenar temporalmente); es muy importante para la inteligencia fluida general; y que dependería del control ejecutivo de la atención (el cual permitiría mantener o suprimir la información). Sin embargo, Engle (2018) en una revisión de sus propios postulados de la MT, plantea que la MT no jugaría un rol central en la inteligencia fluida general, y ubica el control atencional en su lugar. Para dicho autor, el mantenimiento de la información subyace a la MT, y la supresión de la información recientemente atendida y que ya no es útil, sería fundamental para la inteligencia fluida (Engle, 2018). Asimismo, ya en la década del 80, Turner y Engle (1989) planteaban la existencia de una correlación entre la MT y la comprensión lectora. Por su parte, Martin et al. (2020) si bien plantean que la MT contribuye en la predicción de la comprensión lectora, el factor que más influiría sería la inteligencia fluida.

Uno de los autores que señala que el ejecutivo central no es un constructo único es Peter Anderson (2002), quien propone que está conformado por cuatro módulos interrelacionados que interactúan constantemente entre sí. Estos módulos son: control atencional, procesamiento de la información, establecimiento de metas y flexibilidad cognitiva (en este último se encontraría la MT), en donde cada dominio posee subprocesos, los que en su conjunto conformarían las FE (ver Figura 2) (Anderson, 2002).

Figura 2.

Modelo de funciones ejecutivas propuesto por Peter Anderson.



Nota. Tomado de Anderson (2002).

Por su parte, Diamond (2013) plantea que las FE centrales serían inhibición y control de interferencias, flexibilidad cognitiva y MT, en donde a esta última la define como la capacidad de mantener la información en la mente y trabajar mentalmente con ella, dividiéndola en MT verbal y MT no verbal (o visual-espacial). Asimismo, señala que la MT apoya al control inhibitorio al mantener la información relevante en la mente y que, del mismo modo, el control inhibitorio ayudaría a la MT a filtrar las distracciones y a mantener el enfoque en la tarea (Diamond, 2013). Finalmente, Diamond (2013) refiere que aquellas personas con un pobre desarrollo de las FE lucharían por cambiar de tareas o

ignorar información irrelevante, lo que sobrecargaría la capacidad limitada de la MT.

Por otra parte, surge una corriente totalmente distinta a lo planteado por los autores mencionados previamente, con relación al funcionamiento cognitivo cerebral, el cual no estaría conformado por procesos aislados (atención, memoria, lenguaje o funciones ejecutivas), haciendo referencia al concepto de arquitectura cognitiva (AC) (Anderson, 2007). Anderson (2007), menciona que la AC está conformada por las interacciones que se producirían en las diferentes estructuras corticales, las cuales adaptarían el funcionamiento de esta AC de acuerdo con las demandas externas, originando una respuesta lo más efectiva y económica posible. Asimismo, Anderson (2007) señala que la mente humana no es sólo la suma de las competencias básicas, como la memoria, la categorización o el razonamiento, sino que se trata de cómo todas esas piezas, y otras más, trabajan juntas para producir la cognición. Es así como Anderson propone el modelo ACT-R (Adaptative Control of Thought-Rational) (Anderson, 2007), el cual es una teoría acerca del funcionamiento de la mente humana, señalando que la mente humana es lo que emerge desde las acciones de un amplio número de módulos cognitivos independientes, que estarían integrados en un sistema de control central. Asimismo, el modelo ACT-R, en su versión 6.0 (Anderson, 2007), estaría compuesto por ocho módulos (cuatro periféricos y cuatro centrales), los cuales estarían alojados en diversas regiones del cerebro, cumpliendo un rol específico. Con relación a los módulos periféricos, éstos a su vez se podrían subdividir en dos: perceptuales (visual y aural) y para responder o motores (manual y vocal). Por su parte, los módulos centrales son: el imaginativo, el de metas, el procedural y el declarativo. En la Tabla 1 se

procederá a describir el rol de cada módulo del modelo ACT-R, así como su localización cerebral de acuerdo con lo planteado por Anderson (2007).

Tabla 1.

Descripción de la función de cada módulo del modelo ACT-R 6.0 y su representación cortical.

Módulo	Área cerebral	Función
Visual	Giro fusiforme	Procesamiento de la información visual
Aural	Corteza auditiva secundaria	Procesamiento avanzado de la señal auditiva.
Manual	Corteza central (motora y sensitiva)	Procesamiento motor y sensitivo de la mano.
Vocal	Corteza central inferior (motora y sensitiva)	Procesamiento motor y sensitivo de los músculos de cara y lengua.
Imaginativo	Parietal posterior	Mantiene y modifica la representación mental del problema. Procesamiento de la información espacial.
Declarativo	Corteza prefrontal	Almacenamiento y recuperación de la información.
Metas	Porción anterior de la corteza cingulada	Dirige el curso interno de la cognición. Hace seguimiento de las intenciones actuales para la solución del problema.
Procedural	Ganglios de la base	Encargado de la producción de reglas para el reconocimiento y selección de acciones cognitivas.

Desde el modelo ACT-R es importante considerar los siguientes postulados (Anderson et al., 2004; Anderson, 2007):

- Para conseguir el logro de objetivos, los módulos funcionan en paralelo.
- Existe la comunicación entre los módulos por medio de buffers.
- Cada buffer almacena una pequeña cantidad de información o chunk.
- Sólo un chunk puede ser procesado a la vez por un buffer, pero todos los módulos pueden ser utilizados de manera simultánea. Por ejemplo, el módulo declarativo no puede recuperar un chunk de memoria adicional hasta que no complete o termine de recuperar la información previa. Pero, en la otra vereda, el módulo manual puede realizar el movimiento físico mientras el módulo visual mira otro objeto.
- La comunicación entre los módulos es posible gracias al módulo procedural, el cual se encarga tanto de mover los buffers, como de introducir o sacar información de acuerdo con ciertas reglas almacenadas.
- Se ejecuta sólo una regla por vez cada 50 milisegundos, el cual al parecer sería el desfase multisináptico que ocurriría en los ganglios basales.
- No necesariamente las zonas corticales del modelo alojarían un único módulo.
- Con relación al módulo procedural, es importante destacar que incorpora varias reglas del comportamiento, no posee buffers propios y se podría considerar como un sistema de mapeo de los buffers corticales.

Por otra parte, para poder definir la memoria de trabajo de acuerdo con el modelo ACT-R, consideraremos lo descrito por Lovett et al. (1999) y por Anderson et al. (2004), quienes mencionan que la memoria de trabajo se utiliza casi al realizar cualquier tarea cognitiva, tanto para mantener como para

recuperar la información durante el procesamiento. Asimismo, señalan que la memoria de trabajo se encargaría de la información o contenido que se mantiene durante la realización, vinculado con la información extraída del módulo declarativo (Lovett et al., 1999) y que, además, se encargaría del proceso necesario para poder mantener dicha información de manera simultánea para el cumplimiento del objetivo, vinculado con el módulo de metas (Anderson et al., 2004).

2.3.1 Memoria de trabajo y dislexia

En relación con la neuroanatomía de la memoria de trabajo y su relación con la dislexia, Conway et al. (2010) efectuaron un estudio en el cual buscaban analizar los sustratos neuronales de la memoria de trabajo auditiva en personas con dislexia. La muestra se compuso de adultos diagnosticados con dislexia ($n=11$) y lectores normales ($n=11$). Ambos grupos se expusieron a dos tareas de memoria de trabajo auditivo binaurales (comparaciones de pseudopalabras y tonos puros). Los resultados expusieron que para ambos grupos hubo actividad neuronal en las regiones temporal, parietal inferior y frontal para ambas tareas. Sin embargo, el grupo con dislexia mostró más actividad en la corteza de asociación auditiva izquierda, circunvolución supramarginal y para la tarea de comparación de tonos se evidenció mayor actividad en la corteza auditiva primaria izquierda. Finalmente, el grupo con dislexia presentó problemas en conciencia fonológica y memoria de trabajo auditiva ante estímulos lingüísticos, evidenciando un mayor esfuerzo cognitivo que lectores normales.

Guevara (2017) mediante una revisión buscaba determinar los factores neurofisiológicos, de inhibición cognitiva y de memoria de trabajo que influyen en la comprensión lectora en lectores expertos, encontrando que la memoria de trabajo modela el rendimiento de la comprensión lectora debido al proceso interactivo e integrativo entre la memoria a corto y largo plazo necesaria durante el proceso lector. Por otro lado, genera representaciones mentales y del contexto permitiendo la realización de inferencias. En cuanto a la habilidad de supresión y su rol en la comprensión lectora se encuentra la clasificación de información relevante y no relevante generando representaciones mentales coherentes durante la lectura. Por lo tanto, se establece que tanto la habilidad de supresión como la memoria de trabajo son influyentes para el rendimiento de la comprensión lectora y diferenciador de lectores expertos y no expertos.

En otra arista, Kudo et al. (2015), mediante un metaanálisis buscaban comparar el rendimiento académico, cognitivo y conductual en niños con y sin discapacidad lectora. De los 48 estudios analizados, obtuvieron que aquellos estudiantes con discapacidad lectora presentan un bajo rendimiento en habilidades de procesamiento fonológico, áreas cognitivas y académicas, incluyendo la ortografía y vocabulario, memoria de trabajo verbal, memoria visual-espacial, procesamiento ejecutivo y memoria a corto plazo. Debido a esto, se establece que la discapacidad lectora cuenta con déficits más allá de uno a nivel fonológico, ya que se ven involucrados otros procesos cognitivos como por ejemplo la memoria de trabajo.

Por su parte, y con relación a la memoria de trabajo y la comprensión lectora, Barreyro et al. (2017) efectuaron una investigación con el objetivo de estudiar la relación entre memoria de trabajo, conocimiento previo y la

generación de inferencias en la comprensión de textos. La muestra se compuso de 167 estudiantes universitarios (18-30 años), quienes cumplieron con tareas de memoria de trabajo, llenado de cuestionario de inferencias explicativas-prepositivas y cuestionario de conocimientos previos acerca del cambio climático y de astronomía. Los resultados exponen la validez de un modelo en donde la memoria de trabajo tiene un efecto indirecto mediado por el conocimiento previo sobre la generación de inferencias, permitiendo establecer un rol fundamental de la memoria de trabajo en la reposición de conceptos desde la memoria a largo plazo, necesario para un incremento en la comprensión lectora.

Relacionando la memoria de trabajo y la dislexia, Savage et al. (2007) en una revisión donde buscaban establecer el rol de la memoria de trabajo en los problemas de lectura, encontraron varios problemas significativos para operacionalizar las medidas de la memoria de trabajo. En primer lugar, no hay un rol claro y único de la memoria de trabajo en los estudios longitudinales que abordan la adquisición de la lectura. Además, existen dificultades para especificar o generalizar los problemas de la memoria de trabajo y se requiere más trabajo e investigaciones que permitan especificar la naturaleza de las dificultades lectoras. Sin embargo, estos autores destacan que la memoria de trabajo seguiría proporcionando un modelo sólido y útil para intentar comprender las dificultades en la lectura, en donde, por ejemplo, no siempre los problemas en la comprensión se pudiesen deber a un déficit de la memoria de trabajo, sino que también se podrían originar a raíz de un déficit en el bucle fonológico. Otro caso sería que, aquellos estudiantes que presenten otras condiciones de base tengan a menudo dificultades en la memoria de trabajo, a diferencia de los niños con dificultades sólo en la lectura, en donde su problema se podría originar

principalmente por un compromiso fonológico. Por el contrario, Alsulami (2019) analiza la relación de la memoria y la dislexia, encontrando que la memoria de trabajo cumpliría un rol fundamental en el desarrollo de la lectura, ya que este tipo de memoria sería crítica en el proceso de aprendizaje, determinando que un déficit en la misma se correlacionaría directamente con las dificultades fonológicas, algo característico en las personas con dislexia. A raíz de lo mencionado anteriormente, el autor sugiere que se debería intervenir sobre este tipo de memoria para potenciar tanto el alfabetismo, como los recursos fonológicos asociados con la dislexia. Asimismo, Maziero et al. (2020), en su estudio que buscaba medir el rendimiento de la MT por medio de las pruebas de *Digit Span* y *Block-tapping* de Wechsler en estudiantes con dislexia de desarrollo (DD) y trastorno de desarrollo de la coordinación (TDC), encontraron que al comparar su rendimiento con un grupo control, los sujetos con DD manifestaban un compromiso de la MT de tipo verbal, a diferencia de los individuos con TDC, en los cuales su alteración era en la MT de tipo visoespacial. Finalmente, destacan la importancia de evaluar la MT en niños con problemas de aprendizaje.

Por su parte, Fostick y Revah (2018), en su investigación que intentaba dilucidar que el origen de la dislexia se debería a déficits en distintos procesos más que en sólo uno, evaluaron la MT y el procesamiento auditivo temporal (PAT) en 78 adultos (35 mujeres) con dislexia (edad= 25,25, $DE= 2,248$) y 23 adultos (15 mujeres) sin esta condición (edad= 22,82, $DE= 1,58$). La MT fue medida con las subescalas de Spam de dígitos y las secuencias letras-números de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos en su tercera versión (WAIS-III, por sus siglas en inglés), y el PAT fue evaluado con el subtest "Juicio de orden

temporal dicótico” perteneciente al instrumento de PAT, la cual consiste en que al participante se le envían diferentes tonos con un desfase de tiempo entre los oídos, en donde tiene que identificar el orden de aparición correcta. Por otra parte, utilizaron pruebas para medir conciencia fonológica y diferentes tipos de lectura. Posterior al análisis de los resultados, los investigadores determinaron que las personas con dislexia rinden peor en todas las tareas, además de que tanto la MT como el PAT predecirían significativamente tanto el desempeño lector como de la conciencia fonológica en el grupo de casos. Igualmente, Rangel et al. (2015) ejecutaron una investigación con el objetivo de comparar la memoria de trabajo fonológica en ítems de palabras, pseudopalabras y dígitos en niños de 11 a 13 años. La muestra se compuso de estudiantes de quinto grado ($n= 11$) y sexto grado ($n= 16$), sin diagnósticos de base. Los estudiantes completaron pruebas de lectura, atención visual y pruebas de memoria de trabajo fonológicas. Los resultados arrojan que ambos grupos cuentan con habilidades lectoras esperadas para su edad, al igual que la velocidad de procesamiento y atención visual, evidenciando una leve mejoría en el grupo de sexto grado. En cuanto a la memoria de trabajo fonológica, se obtiene que el grupo mayor recuerda más palabras y pseudopalabras, sin embargo, se evidencia que la prueba de dígitos (Digit Span) manipula estímulos sencillos lo que podría significar resultados errados para la capacidad de memoria de trabajo fonológica, a diferencia del uso de pseudopalabras, siendo estos estímulos desconocidos sin una representación a largo plazo.

Del mismo modo, Peng y Fuchs (2016), realizaron un metaanálisis en el que buscaban estudiar la memoria de trabajo verbal y numérica en niños con dificultades de lectura, matemáticas y con ambas dificultades. De los 29 estudios,

encontraron que los déficits de la memoria de trabajo verbal y numérica están presentes tanto en niños con dificultades de lectura, matemáticas y lectura y matemáticas, evidenciando en la última déficits cognitivos más graves. Por otro lado, es posible identificar que en niños con dificultades matemáticas presentan un desempeño más bajo en la memoria de trabajo numérica.

Considerando a la MT desde un punto de vista de la intervención en este proceso, Wang et al. (2021) mediante una investigación que buscaba analizar los efectos de un entrenamiento metalingüístico frente a uno de memoria de trabajo en niños chinos con dislexia de 7 a 11 años. La muestra se compuso de niños con dislexia con entrenamiento metalingüístico ($n= 22$) y con entrenamiento de memoria de trabajo ($n= 19$) y un grupo control de niños con desarrollo típico ($n= 36$). De los resultados se obtiene que el entrenamiento metalingüístico fue más eficiente que el de memoria de trabajo, mejorando las representaciones fonológicas mal especificadas en niños con dislexia, lo que deja en manifiesto que los déficits fonológicos no se limitan a los lectores de escrituras alfabéticas. Por otro lado, el entrenamiento de memoria de trabajo benefició el desarrollo de una estrategia de respuesta que inhiba las respuestas incorrectas, lo que significa que potencia el desarrollo de estrategias compensatorias en niños con dislexia. De acuerdo con lo planteado por Ramezani et al. (2021), quienes ejecutaron una investigación con el fin de estudiar los efectos a corto plazo del programa Verbal Working Memory-Balance sobre la capacidad de memoria de trabajo verbal, habilidades de lectura y control postural. Se reclutaron a 29 niños iraníes con dislexia distribuidos en un grupo control ($n= 14$, edad media= 8 años) y un grupo de experimental ($n= 15$, edad media= 8 años), quienes recibieron un entrenamiento tradicional de memoria de

trabajo y un programa Verbal Working Memory-Balance, respectivamente. De los resultados se obtiene que, el programa Verbal Working Memory-Balance aporta un incremento en el grupo experimental en el rendimiento de memoria de trabajo verbal, habilidades de lectura y el control postural a corto plazo a diferencia del grupo control, evidenciándose en este último una automatización del equilibrio aumentando los recursos neuronales a tareas cognitivas. Por su parte, Roberts et al. (2016) efectuaron una investigación con el fin de comparar la efectividad de un programa computarizado adaptativo de memoria de trabajo con la enseñanza habitual en el aula. La muestra se compuso de 452 niños escolares (entre 6 y 7 años) distribuidos equitativamente en un grupo experimental (programa computarizado de memoria de trabajo) y otro control (enseñanza habitual en aula). El grupo experimental recibió intervenciones por un periodo de 5 a 7 semanas en donde se abordó tareas de almacenamiento temporal y la manipulación de información verbal y/o visoespacial. En los resultados resaltan un incremento en la memoria visoespacial a corto plazo y memoria de trabajo verbal en el grupo experimental a diferencia del grupo control, sin embargo, esto no se evidenció a los 24 meses al igual que las demás variables evaluadas. Debido a que no se vieron más beneficios del programa, no fue posible la recomendación de la intervención.

En suma, se señala que la MT sería fundamental no sólo para el proceso lector propiamente dicho (Alsulami, 2019; Fostick y Revah, 2018), sino que también se vería involucrada en la comprensión lectora (Barreyro et al., 2017; Guevara, 2017; Savage et al., 2007) y sería una habilidad que se encuentra descendida en las personas con dislexia (Conway et al., 2010; Fostick y Revah, 2018; Kudo et al., 2015; Maziero et al., 2020; Peng y Fuchs, 2016). Por otra parte,

y considerando la MT desde el modelo ACT-R y su relación con la lectura, al parecer las dificultades en este aspecto estarían relacionados con la dificultad para acceder al conocimiento almacenado (Barreyro et al., 2017; Rangel et al., 2015), lo que haría referencia a un posible déficit para recuperar la información alojada en el módulo declarativo (Lovett et al., 1999).

2.4 Conciencia fonológica

La conciencia fonológica (CF) es un tipo de habilidad metalingüística que le permite a los niños identificar, analizar y manipular la estructura de los sonidos del lenguaje (Andreola et al., 2021; Schuele y Boudreau, 2008), siendo uno de los componentes de la fonología, la cual se refiere específicamente a la percepción, representación y producción de los sonidos del habla (Alasim y Alqraini, 2020).

Asimismo, la CF también ha sido clasificada como un tipo de habilidad de procesamiento fonológico, junto con la memoria fonológica y denominación serial rápida o denominación rápida automatizada (Pollack y Ashby, 2018; Schuele y Boudreau, 2008).

La CF abarca una variedad de habilidades, en donde algunas son simples, CF superficial; y otras son complejas, CF profunda (Schuele y Boudreau, 2008). Sin embargo, todas estas habilidades al parecer se basan en la misma línea de conocimientos base (Schuele y Boudreau, 2008).

En su nivel más simple, la CF se manifiesta como la capacidad de prestar atención y de hacer juicios sobre la estructura sonora general del lenguaje (Schuele y Boudreau, 2008). Por ejemplo, dividir palabras en sílabas, identificar

y generar rimas, y comparar palabras con el mismo sonido inicial (Schuele y Boudreau, 2008).

A un nivel más complejo o profundo, emerge la capacidad de aislar y manipular de manera individual los sonidos o fonemas, en donde la CF pasa a llamarse conciencia fonémica (Schuele y Boudreau, 2008). Este nivel más profundo de la CF ha sido vinculado de manera causal con la habilidad de decodificación temprana de palabras (Schuele y Boudreau, 2008).

La CF a menudo es confundida con la fonética, aunque son bastante diferentes. Un niño que ha desarrollado la CF tiene la capacidad de analizar la estructura de los sonidos del lenguaje oral (Schuele y Boudreau, 2008). En su forma pura, las tareas de CF no involucran la letra impresa, ya que requieren que el niño analice, emita juicios o manipule los sonidos de las palabras habladas (Schuele y Boudreau, 2008). Por tanto, sólo se necesitan estímulos hablados. Por el contrario, en la fonética los niños trabajan con símbolos impresos, por ejemplo, las letras, que representan los sonidos del lenguaje oral (Schuele y Boudreau, 2008). El acceso a la fonética surge de la adquisición del principio alfabético, de la idea de que el lenguaje está compuesto de sonidos y que los símbolos de las letras se pueden usar para representar esos sonidos (Schuele y Boudreau, 2008). Sin embargo, para decodificar la escritura alfabética y llegar a ser competente en fonética, requiere de la CF (Andreola et al., 2021; Schuele y Boudreau, 2008).

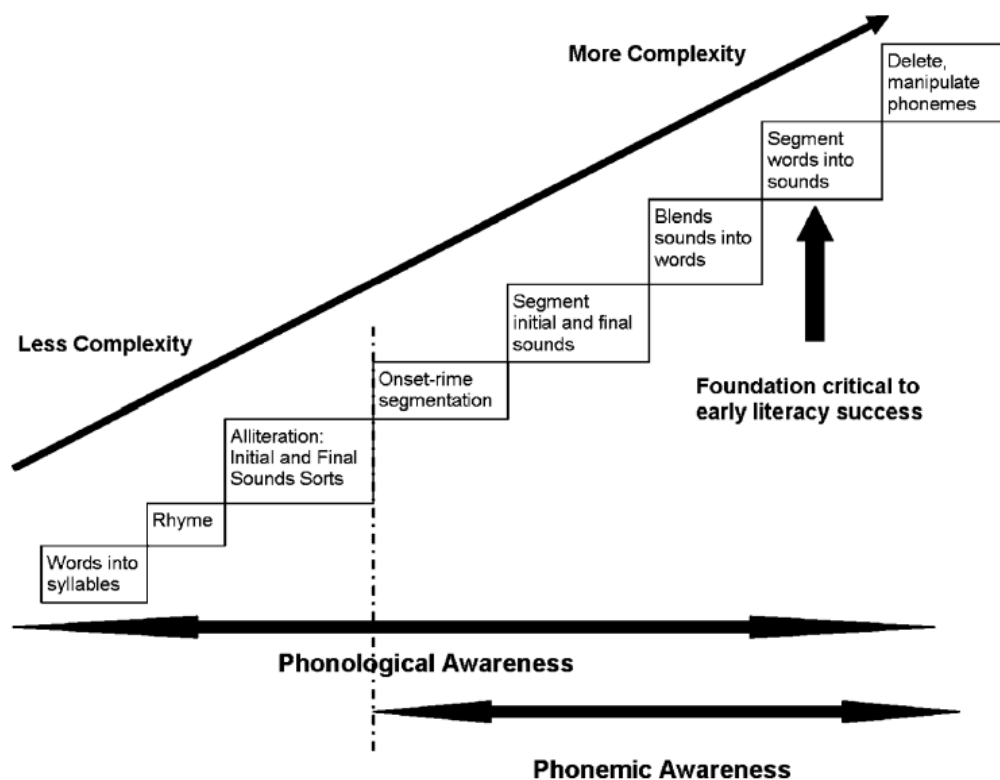
Sumado a lo anterior, la competencia en CF puede manifestarse con una comprensión limitada o nula de las correspondencias sonido-símbolo (Schuele y Boudreau, 2008). Para muchos niños, por tanto, el conocimiento del principio alfabético promueve un crecimiento continuo en la CF (Foorman et al., 2003), y

el desarrollo de otras habilidades de alfabetización influye en el desempeño de las tareas de conciencia fonológica (Schuele y Boudreau, 2008).

Asimismo, es importante reconocer que la CF es una base necesaria, pero insuficiente, para lograr una decodificación competente. La importancia crítica de la CF se refleja en la comprensión de que una escritura alfabética tiene poco sentido para un niño que no aprecia que las palabras están compuestas de sonidos (Schuele y Boudreau, 2008). Sin embargo, una vez que se establece la CF, pueden ser adquiridos los conocimientos ortográficos (Schuele y Boudreau, 2008). En la Figura 3 se presenta la secuencia para la enseñanza e intervención de la CF.

Figura 3.

Secuencia para la enseñanza e intervención de la conciencia fonológica.



Nota. Tomado de Schuele y Boudreau (2008).

2.4.1 Conciencia fonológica y dislexia

Mejía y Eslava (2008), en su artículo de revisión, vuelven a señalar a la CF como el mejor predictor del proceso lector, comprobando esta realidad desde distintas aristas. Desde la neuropsicología, un deficiente desempeño de esta habilidad se relacionaría con la presencia de trastornos del aprendizaje lector. Desde un punto de vista neurofisiológico, se observarían diferencias en ciertas áreas relacionadas con el lenguaje entre niños con y sin dislexia al realizar tareas de análisis fonémico, en donde en el primer grupo habría una sobre-activación de áreas cerebrales anteriores frente a una baja activación posterior, sugiriendo una desconexión funcional en el sistema que soporta el análisis fonológico crítico para la lectura. Desde la genética, sujetos con dislexia y problemas fonológicos, evidencia alteraciones en los cromosomas 6 y 3. Por otra parte, Luniewska et al. (2019) estudiaron cómo se modifica la red fonológica neural en aquellos estudiantes que hayan desarrollado dislexia o que presenten antecedentes familiares de dislexia. Para esto, siguieron durante los dos primeros años de educación formal a noventa estudiantes con ($n= 55$) y sin antecedentes familiares de dislexia ($n= 35$), de los cuales sólo veinte desarrollaron dislexia, encontrando que este grupo presentaba un desfase en el desarrollo de las estructuras corticales relacionadas con la fonología (giro temporal superior bilateral, giro temporal medial izquierdo, ínsula derecha y corteza frontal derecha). Asimismo, determinaron que aquellos estudiantes que tenían antecedentes familiares de dislexia, pero que se convirtieron en lectores típicos, también presentaron un desarrollo atípico de la red fonológica cortical, compensando con el reclutamiento de otras áreas cerebrales (giro central y giro postcentral).

Por su parte, Pinto et al. (2014) a través de una revisión buscaban conocer el déficit universal del procesamiento fonológico en la dislexia. Los resultados informan que la existencia de una red neuronal universal relacionada con el proceso lector permitiría validar el déficit presente en la dislexia. Por otro lado, se evidencia una disminución del desempeño fonológico y ortográfico el cual varía de acuerdo con las diferentes lenguas habladas y los sistemas de escritura y ortografía. Sumado a lo anterior, Pollack y Ashby (2018) mediante un metaanálisis buscaban examinar la convergencia de las regiones cerebrales que muestran el procesamiento aritmético y fonológico tanto en niños como en adultos. Del estudio hallaron una actividad cerebral divergente tanto en niños como en adultos, ya que para el primer grupo la activación cerebral es difusa y bilateral en regiones como circunvolución precentral izquierda y circunvolución frontal superior bilateral (habilidades atencionales y numéricas), ínsula derecha (dirección atencional en tareas fonológicas, procesamiento aritmético y numérico) y giro fusiforme izquierdo (reconocimiento de palabras y dígitos). En cambio, en adultos esta activación ocurre en regiones laterales como el lóbulo parietal inferior izquierdo incluyendo el giro angular (conexión de símbolos con sus representaciones verbales asociadas) y el giro frontal inferior izquierdo (detección de fonemas y sustracción).

Desde otra vertiente e investigando la CF en conjunto a otras habilidades, ya sean cognitivas o lingüísticas, diversos autores han planteado sus argumentos. Para Sohrabi y Sohrabi (2017), en la revisión que realizaron, determinaron que la importancia de la CF no sólo estaba relacionada con la lectura, sino que también con otros dominios involucrados en el procesamiento del lenguaje. Asimismo, refieren a que existiría cierto debate acerca de la

naturaleza y del origen real del déficit fonológico en aquellos sujetos con lectura deficiente. En su investigación, Szenkovits y Ramus (2005) señalan que el procesamiento fonológico de los adultos con dislexia es inferior que sus controles, refiriendo que el déficit en el primer grupo en aquellas tareas relacionadas con las no-palabras, sugerirían una representación subléxica deficiente. Sin embargo, aclaran que este déficit fonológico hace referencia a una falla en el sistema lingüístico propiamente dicho, y no a las rutas relacionadas con la lectura. Del mismo modo, Knoop-van et al. (2018) estudiaron la relación entre la memoria de trabajo, la conciencia fonológica y la lectura eficiente de palabras en estudiantes con dislexia ($n= 50$) y sin esta condición ($n= 613$). Dentro de sus hallazgos, encontraron una relación similar directa entre el efecto que ejerce la conciencia fonológica en la lectura eficiente de palabras en ambos grupos de estudio. Posteriormente, introdujeron la variable memoria de trabajo sólo en el grupo de los disléxicos, y encontraron que la conciencia fonológica ejercería un efecto mediador potente entre la memoria de trabajo y la lectura eficiente de palabras, mucho más significativo que si fuera sólo la relación entre la memoria de trabajo y la lectura de palabras. Por su parte, Li et al. (2022) realizaron una revisión sistematizada y metaanálisis en el cual buscaban examinar los porcentajes de déficit de habilidades cognitivas entre niños chinos con dislexia del desarrollo. De los resultados, se obtiene un déficit múltiple en los niños con dislexia, involucrando la denominación automatizada rápida, el conocimiento ortográfico, las habilidades visuales y motoras, la memoria a corto plazo y de trabajo, la conciencia morfológica y fonológica. De esta última se establece que, a diferencia de la lengua occidental, no presenta mayor incidencia en la dislexia china, siendo la denominación automatizada rápida el déficit

central. Del mismo modo, Kim et al. (2013) realizaron una investigación a fin de examinar las relaciones de la conciencia fonológica, ortográfica, morfológica y el vocabulario, con la lectura y ortografía. La muestra se compuso de 304 niños (media de edad: 6,92 años) distribuidos en los niveles 1 ($n= 167$, 90 minutos de alfabetización al día en aula), 2 ($n= 119$, 2 sesiones complementarias de 30 minutos por semana en grupos de 5 a 7) y 3 (4 sesiones complementarias de 45 minutos por semana en grupos de 3) del programa Rtl (*Response to Intervention*, por sus siglas en inglés). De los resultados se evidencia un mayor rendimiento del nivel 1 que del nivel 2 y 3. Por otro lado, la relación entre la lectura de palabras y la conciencia fonológica, ortográfica y morfológica fue significativa. De igual modo, la conciencia fonológica y ortográfica se relaciona significativamente con la ortografía. Por el contrario, no hubo una relación exclusiva de las 3 conciencias lingüísticas con el vocabulario.

Desde un punto de vista experimental, Forné et al. (2022) realizaron una investigación con el objetivo de conocer la eficacia de una intervención fonológica intensiva en niños con dificultades lectoras en etapas primarias del proceso de lectura. La muestra se compone de niños con lectura normal ($n= 24$), con problemas lectores en intervención digital intensiva ($n= 20$) y con problemas lectores en intervención estándar ($n= 12$). Los resultados evidencian que la intervención intensiva (basada en ejercicios de conciencia fonémica, decodificación y fluidez lectora) logra incrementar las variables de lectura, ortografía y algunas habilidades fonológicas implícitas (denominación de objetos y colores, fluidez verbal semántica y memoria de trabajo), a diferencia del grupo con intervención estándar que sólo incrementa ligeramente la velocidad y precisión lectora, y el grupo de lectores normales que no presentan variación

significativa. Del mismo modo, Ferraz et al. (2018) realizaron una investigación para determinar los efectos de un programa de intervención fonológica de lectura y escritura en personas con dislexia mediante evaluaciones conductuales y objetivas. La muestra se compuso por escolares hablantes de portugués de 8 a 14 años participantes del programa ($n= 10$) y no participantes del programa ($n= 10$). El programa constaba de 3 fases de 8 sesiones cada una (fonológica; fonología y lectura; fonología lectura y escritura). Los resultados demuestran que intervenciones basadas en la estimulación de la escritura, lectura y procesamiento fonológico brindan una mejora en la capacidad de almacenar, codificar y procesar información fonológica en la memoria a largo plazo, potenciando las representaciones léxicas (alteraciones marcadas y persistentes de la dislexia). Sin embargo, los autores señalan que es fundamental una estimulación constante incluso después de la finalización de este programa. Por su parte, Li et al. (2019) efectuaron una investigación con el objetivo de evaluar los efectos de la intervención digital sobre destrezas en Pinyin, conciencia fonológica y lectura de caracteres. La muestra se compuso de 56 niños hablantes chinos de 7 años con bajo nivel socioeconómico y con dificultades lectoras, de los cuales 28 recibieron la intervención (grupo experimental) que consistía en la utilización de un "Pinyin GraphoGame" durante 3 semanas. De los resultados se evidencia un incremento en las destrezas del Pinyin, en la fluidez y precisión de la lectura, conciencia fonológica (rima inicial y nivel fonémico) de manera significativa a diferencia del grupo control en el que no se obtuvieron mejoras, por lo que se sugiere implementar esta intervención de manera complementaria a fin de disminuir la brecha de rendimiento con otros niños de la misma edad. De la misma forma, Kelly et al. (2017) realizaron una investigación con el objetivo de

evaluar la eficacia del programa de conciencia fonológica y conocimiento del alfabeto en niños preescolares (4,2 años). Para esto se estableció un grupo experimental ($n= 60$) al cual recibió una intervención basada en el “*Cracking the Code Programy*”, y un grupo control que recibió una intervención basada en el “*Words, Grammar and Fun program*”. De los resultados, se obtiene que un programa basado en el descifrado de códigos mejoraría la conciencia fonológica (a nivel de sílaba, inicio del ritmo y fonema), incrementaría el conocimiento del alfabeto y mejoraría tanto la lectura de las no palabras como de la ortografía, a diferencia del grupo control. Lo anterior contribuiría a incrementar las habilidades de conciencia fonológica descendidas a edades tempranas, impidiendo dificultades consistentes en esta habilidad en etapas escolares posteriores, para así obtener un rendimiento escolar adecuado al nivel. De igual manera, Lousada et al. (2013) ejecutaron una investigación en la que buscaban conocer la eficacia de las intervenciones fonológicas y de articulación en niños portugueses con trastornos del habla y del lenguaje. Se reclutó a un total de 14 niños (de 4,0 a 6,7 años) con trastorno de los sonidos del habla fonológico. Un grupo recibió terapia fonológica (conciencia fonológica, discriminación auditiva y tareas de escucha) ($n= 7$) y el otro grupo terapia de articulación (discriminación y articulación de los sonidos del habla) ($n= 7$). Los resultados plantean que ambas terapias potencian la producción del habla. Sin embargo, el grupo con terapia fonológica mejoró más rápido y más significativamente, lo que se relaciona con la implementación integral de elementos terapéuticos como la discriminación auditiva, el contraste fonológico y la conciencia fonológica.

Pape-Neuman et al. (2015) realizaron una investigación con el objetivo de conocer la eficacia de la intervención fonológica en la lectura y los efectos

distintivos de una intervención fonológica y visual. Para esto, se utilizó una muestra de 30 estudiantes alemanes con dislexia con entrenamiento basado en conciencia fonológica ($n= 10$), entrenamiento exclusivo de fonología ($n= 10$) y entrenamiento exclusivo visual ($n= 10$), además de un grupo control de lectores típicos ($n= 10$). Los resultados evidencian que los niños disléxicos alemanes en etapas posteriores a la etapa inicial de lectura se ven igual de beneficiados con un entrenamiento basado en la instrucción fonética que con uno de conciencia fonológica y, sumando el entrenamiento visual, adquieren un incremento tanto en la decodificación como en la comprensión lectora. En otro sentido, Masso et al. (2017), con el fin de determinar la relación de la precisión polisilábica en preescolares con trastornos de los sonidos del habla (TSH) con predictores del desarrollo posterior a la alfabetización, reclutaron a 93 niños preescolares con TSH con baja precisión polisilábica ($n= 61$) y con precisión polisilábica moderada ($n=32$). De los resultados se obtiene que el grupo con baja precisión polisilábica obtuvo mayores supresiones vocálicas, consonánticas, errores de sincronización y fonotácticos a diferencia del otro grupo. En cuanto al vocabulario, ambos grupos presentaron un desempeño similar, sin embargo, un vocabulario más débil se puede relacionar con un número elevado de errores de supresión. Por otro lado, ambos grupos presentaron bajo conocimiento de letras y sus sonidos a diferencia preescolares en otros estudios reportados, lo que pone en riesgo las habilidades de lectoescritura. Por lo tanto, se relaciona la gravedad del TSH con el desempeño en tareas de procesamiento fonológico.

Sintetizando, en la literatura existe extensa evidencia acerca de que la CF sería crucial para el desarrollo de la lectura, y que aquellos estudiantes con un TL verían, por consiguiente, un enorme compromiso en este proceso lingüístico.

2.5 Velocidad de denominación

La velocidad de denominación (VD) se define como la habilidad para nombrar, lo más rápido posible, diferentes estímulos familiares como números, letras, colores y figuras (Al Dahhan et al., 2020; Areces et al., 2018), reclutando para su realización los mismos procesos cognitivos, lingüísticos y perceptuales que la lectura (Ammawat et al., 2019). Debido a lo expuesto anteriormente, numerosos estudios la consideran uno de los más importantes predictores del rendimiento lector (Ammawat et al., 2019; Benischek et al., 2020; Messer et al., 2016). Asimismo, para medir la VD, la serie de estímulos visuales utilizados deben ser presentados de manera grupal en una página, los cuales serían de dos tipos, alfanuméricos (letras o números) o no alfanuméricos (colores y objetos) (Kirby et al., 2010). Por otra parte, es importante poder mencionar la diferencia entre VD y la lectura, ya que en esta última no siempre se ve implicada la articulación y que, además, la lectura habitualmente involucra la extracción o construcción de significados, a diferencia de la VD que no lo hace (Kirby et al., 2010).

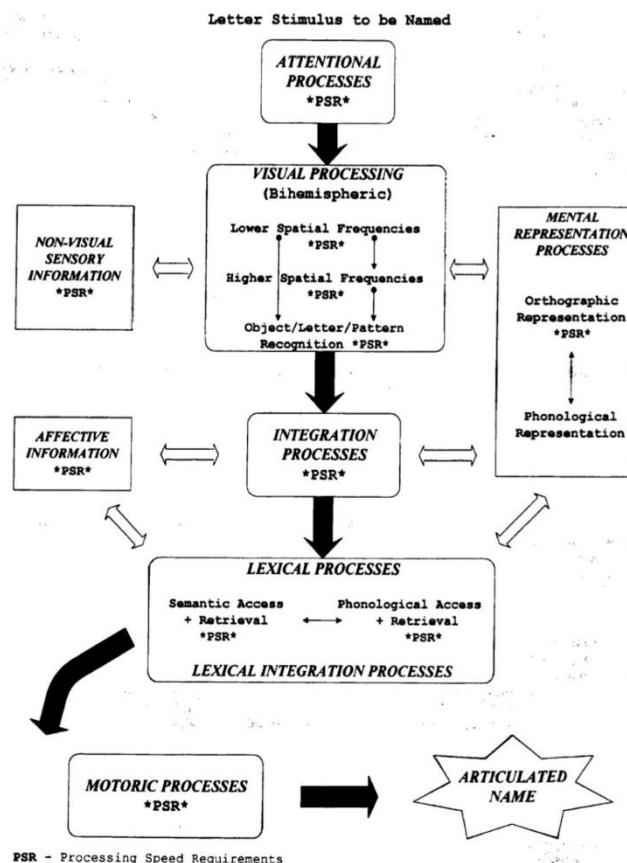
Asimismo, la VD implica el procesamiento de información compleja, el cual podría tener similitudes con algunos procesos de las funciones ejecutivas, pudiendo involucrar, por ejemplo, la atención, la memoria de trabajo y la inhibición (Al Dahhan et al., 2020; Messer et al., 2016). Sin embargo, de acuerdo con lo planteado por Chambrier et al. (2021), para poder realizar esta aparentemente simple actividad de denominar, se deben poner en marcha una serie de procesos cognitivos, como la atención al estímulo, integración visual, acceso y recuperación de códigos fonológicos, procesamiento serial, articulación y velocidad de procesamiento. Por otra parte, al considerar la VD desde una

mirada del modelo ACT-R (Anderson, 2007), se podría vincular con, al menos, tres módulos: el visual, para el reconocimiento de lo que se ve, el declarativo, para buscar en la memoria el nombre de lo observado, y el vocal, para poder articular el nombre de lo recuperado.

Es así, que Wolf et al. (2000) presentan un modelo para la nominación de letras (Figura 4), en el cual exhiben la cantidad de procesos necesarios para poder realizar esta tarea.

Figura 4.

Modelo para la nominación de letras.



Nota. Tomado de Wolf et al. (2000).

Como se observa en la Figura 4, para poder realizar la denominación visual es necesaria la activación de procesos atencionales, perceptuales,

conceptuales, de memoria, lexicales y articulatorios (Wolf et al., 2000). El modelo comienza con la activación de los procesos atencionales, los cuales a su vez activarían los procesos visuales en ambos hemisferios en múltiples niveles. Esto permite la identificación o reconocimiento de los estímulos visuales presentados, en donde la velocidad de procesamiento del estímulo depende de la representación mental y de la calidad de cómo se almacenó la información. Los otros componentes que podrían influir en la integración de la información visual y la representación mental de los mismos son los factores emocionales y el input asociativo desde las otras modalidades sensoriales. Los procesos léxicos, incluyendo lo semántico, el acceso fonológico y los procesos de recuperación, son integrados con la información acumulada. Finalmente, los comandos motores traducen la información fonológica en un nombre articulado. Todo este proceso ocurre en 500 ms (Wolf et al., 2000).

2.5.1 Velocidad de denominación y dislexia

En relación con el sustrato neuroanatómico, Norton y Wolf (2012), mediante una revisión se plantearon el análisis de la denominación automatizada rápida (RAN, por sus siglas en inglés) y la fluidez lectora y su influencia en la discapacidad lectora. Del estudio hallaron que las tareas de RAN y conciencia fonológica son predictores de la capacidad de lectura independiente del idioma hablado. Sin embargo, la capacidad de predicción es más significativa en personas con bajo rendimiento lector.

En cuanto a regiones corticales, la lectura se relaciona con la activación de las regiones izquierdas: circunvolución frontal inferior, áreas temporoparietal

y occipitofrontal, en donde la hipoactivación de las dos últimas se relaciona con la etiología de la dislexia y no con la capacidad lectora; sin embargo, se requiere de más estudios que lo avalen. Finalmente, debido a la solidez de RAN y conciencia fonológica como predictores, se considera significativo aplicarlas como prueba de evaluación para la detección de dificultades lectoras y así implementar un plan de entrenamiento que aborde procesos cognitivos y lingüísticos presentes en la lectura en beneficio de la fluidez lectora.

Bakos et al. (2020) en su estudio buscaba comparar el rendimiento en tareas de VD en sujetos con trastorno de la lectura (TL) ($n= 45$; edad= 123,7 meses; $DE= 5,2$), sujetos con un trastorno de ortografía (TO) ($n= 13$; edad= 127,0 meses; $DE= 6,5$) y un grupo control ($n= 28$; edad= 122,9 meses; $DE= 4,7$). Además de medir la VD, fue medida su actividad eléctrica y el tiempo de respuesta por medio de potenciales relacionados a eventos (ERP, por sus siglas en inglés). Los resultados señalaron que existían diferencias en los tiempos de reacción entre los niños con TL y el grupo control en alrededor de 300 ms después de la presentación del estímulo, no existiendo esta diferencia entre el grupo TO y el control. Los autores sugieren que estos resultados pueden deberse a que, la denominación del grupo con TL, se vincularía con un acceso más lento y un procesamiento más prolongado de la palabra escrita.

Comparando el rendimiento de la VD entre sujetos con y sin TL, Jones et al. (2009) en su estudio lograron una alta discriminación entre personas con y sin dislexia (21 sujetos para cada grupo) por medio de diferentes tareas relacionadas con la velocidad de nominación. Dichas tareas se dirigían a evaluar el componente grafémico, fonológico, oculomotor y de secuencias. De esta manera, concluyen que este tipo de tareas serían un potente predictor para

determinar la calidad de la fluidez lectora. Resultados similares encontraron Krasowicz-Kupis et al. (2009) al evaluar la velocidad de nominación utilizando 33 niños con dislexia y 30 sin ella, manifestando que, si bien los estudiantes con dislexia rendían en este tipo de tareas mucho más bajo que el grupo control, no hallaron diferencias entre ambos grupos a nivel fonológico. Por su parte, Areces et al. (2017) realizaron una investigación que buscaba comparar y describir el rendimiento para las habilidades de VD en niños diagnosticados con dificultades en el aprendizaje de la lectura (RLD, por su sigla en inglés), con trastorno por déficit atencional con hiperactividad (ADHD, por su sigla en inglés) o una combinación de ambos cuadros. Para su estudio, reclutaron un total de 101 estudiantes de 5 a 16 años (37 mujeres, edad= 10,10, $DE= 3,15$), los cuales se dividían en: 14 con RLD (edad= 9,79; $DE= 3,22$), 28 con ADHD (edad= 10,54; $DE= 3,14$), 19 con ambos diagnósticos (edad= 8,05; $DE= 2,39$) y 40 controles (edad= 10,88; $DE= 3,11$). Para evaluar la VD de utilizaron los instrumentos “*Rapid Automatized Naming and Rapid Alternating Stimulus Tests*” (RAN/RAS, por sus siglas en inglés) los cuales consignan la velocidad en que los individuos nominan letras, números, colores y objetos, además de estímulos alternados (letras-números y letras-números-colores). Los resultados arrojan que habría diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos, en donde además determinaron que las tareas de VD predecirían el rendimiento de los problemas lectores y atencionales, sugiriendo su utilización en el diagnóstico de dichos problemas.

Asimismo, Krasowicz-Kupis et al. (2009), realizaron una investigación con la finalidad de estudiar la velocidad de denominación en niños polacos con dislexia. Se reclutó un total de 33 niños disléxicos y 30 niños sin dificultades

lectoras ambos con edades entre 9 y 10 años. Se les aplicó una batería con pruebas diagnósticas para la dislexia y el test de inteligencia infantil de Wechsler. De los resultados se obtiene que los niños con dislexia presentan un déficit generalizado en la velocidad de acceso a su léxico mental obteniendo un bajo rendimiento en la velocidad de denominación a diferencia del grupo control. En cuanto a las habilidades fonológicas, el grupo disléxico presentó un bajo rendimiento, evidenciando además que las medidas de lectura (precisión y comprensión) son peores en el grupo con dislexia. Finalmente, se establece que la denominación rápida automatizada se relaciona con funciones lingüísticas y no sólo fonológicas.

Por su parte, Denckla y Rudel (1976), realizaron una investigación con el fin de evaluar el desempeño de la denominación automatizada rápida en niños con dislexia. La muestra se compuso por 4 grupos controles de 30 participantes cada uno de 7 a 10,11 años. La muestra experimental estaba formada por 128 niños con dificultades de aprendizajes de 7 a 12,11 años distribuidos por edad en 4 grupos. Ambos grupos realizaron tareas de denominación rápida automatizada. De los resultados, se obtiene que hubo un bajo rendimiento en las pruebas por parte de los niños con dificultades de aprendizaje, sin embargo, para niños con dislexia y los demás niños les resulta relativamente más fácil nombrar letras y números que colores y objetos. Una de las posibles causas para el bajo rendimiento en la denominación rápida automatizada puede relacionarse con un desvío de atención, mala codificación del habla, lentitud en la recuperación verbal y sutiles déficits del procesamiento visual.

Jones et al. (2019), realizaron una investigación con el objetivo de examinar los procesos subyacentes determinantes del rendimiento en disléxicos

y no disléxicos comparando los resultados de las tareas de denominación rápida automatizada. La muestra se compuso de estudiantes con dislexia ($n= 21$; edad media 22,75) y sin dislexia ($n= 21$; edad media 20,75) quienes realizaron tres métodos variantes de la prueba de denominación rápida automatizada (matriz continua, discreta y discreta-estática). Los resultados evidencian que, los lectores disléxicos rendían más lento en las tres variaciones aplicadas a pesar de presentar estrategias compensatorias de alto funcionamiento, siendo la variación de matriz continua la más deficiente. Sin embargo, fue posible identificar que la denominación discreta y continua distingue a los lectores disléxicos de los no disléxicos, esto sugiere que un bajo rendimiento en la denominación rápida implica un déficit en el acceso rápido afectando la lectura. De la misma forma, Bexkens et al. (2014) ejecutaron una investigación con el objetivo de examinar los procesos inhibitorios y el rendimiento de la RAN y si contribuyen a la RAN y habilidades lectoras. Se reclutaron a niños de 9-12 años con dislexia ($n= 81$) y sin dislexia ($n= 31$), quienes realizaron tareas fonológicas y de RAN. De los resultados se evidencia que los disléxicos con peor control de la interferencia presentan bajo rendimiento en la RAN tanto en letras y números como en colores y objetos. Por otro lado, nombrar colores y objetos es más exigente con los mecanismos de control de la inhibición al tener límites más difusos que nombrar letras y números. En cuanto a la lectura y ortografía en niños con dislexia, la RAN se muestra como claro predictor de desempeño, específicamente la denominación alfanumérica que implica procesos fonológicos y velocidad de procesamiento.

En relación con la capacidad predictiva de las tareas de denominación para los TL, Gómez-Velázquez et al. (2010) realizaron un estudio con el fin de

conocer el valor predictivo de velocidad de denominación y las habilidades fonológicas sobre el aprendizaje de lectura y sus alteraciones. Se reclutó a un total de 121 niños (media de edad= 7,02) a quienes se le aplicó una batería de denominación rápida, una batería de habilidades fonológicas y una evaluación del proceso lector. Los resultados evidencian que la velocidad de denominación de letras es el mejor predictor para el desarrollo posterior de la lectura a diferencia de las habilidades fonológicas, las cuales se relaciona con la eficiencia en la lectura y la velocidad de denominación con la velocidad lectora. Sumado a esto, la presencia de un bajo rendimiento en la velocidad de denominación y conciencia fonológica genera un peor desempeño lector. De forma similar, McWeeny et al. (2022) ejecutaron una revisión sistemática y metaanálisis en el que buscaban evaluar la efectividad predictiva de las medidas de denominación automatizada rápida en el desempeño lector en niños de habla inglesa. De los resultados se obtiene que la relación entre la denominación automatizada rápida es muy sólida con la lectura de palabras verdaderas a diferencia de las no palabras, ya que en esta última existe un componente de decodificación fonológica que no comparte la denominación automatizada rápida. Debido a la significancia de la predicción, se sugiere evaluar esta medida en edades tempranas para detectar de manera oportuna dificultades lectoras a futuro. Por su parte, Denckla y Cutting (1999) efectuaron una revisión en la que buscaban estudiar los orígenes y el significado de la RAN. De su investigación se desprende que la RAN continua ha mostrado ser más exigente, siendo más efectiva en la predicción de la capacidad lectora, sin embargo, el formato discreto aún no ha llegado a un consenso lo que implica de mayores estudios. Por otro lado, el rendimiento en personas con TDAH, dislexia y ambas de manera

simultánea difiere en cada perfil, en donde la RAN de números y letras es clave para discriminar entre malos y buenos lectores entre personas con TDAH, sin embargo, se requiere de más estudios. Existe una encrucijada entre el lenguaje y función ejecutiva que queda plasmado en las tareas de RAN en donde se impulsa la búsqueda del estímulo verbal y la velocidad de las respuestas repetidas oculomotores y oromotores. Finalmente, a raíz de los estudios se establece que esta medida entrelaza factores fonológicos, conexiones visuales-verbales y aspectos ejecutivos intrínsecos. Asimismo, Meyer et al. (1998) buscaban estudiar el valor predictivo de la denominación rápida automatizada en lectores deficientes, por lo que realizaron 2 estudios con población diferente evaluadas longitudinalmente de estudiantes de tercer a octavo grado. El primer estudio contempló estudiantes con diferentes niveles de lectura ($n= 154$; 10% malos lectores, 80% lectores moderados, 10% buenos lectores) y el segundo estudio contempló a estudiantes con deficiencias lectoras ($n= 64$). Los resultados del primer estudio indican una alta predicción de la medida RAN de objetos – colores y números – letras en los malos lectores con la lectura y no en lectores moderados ni buenos. En el estudio dos al igual que el primero, se obtiene una predicción significativa de la medida RAN con la lectura. Por el contrario, esta medida en ambos estudios no mostro relación con la comprensión lectora.

Escobar y Rosas (2018) efectuaron una investigación con el fin de estudiar la relación entre la velocidad de denominación y comprensión lectora en niños chilenos. La muestra se compuso de estudiantes de 1° ($n= 23$), 2° ($n= 28$), 3° ($n= 28$) y 4° ($n= 31$) año básico. A los participantes se le aplicaron tareas de velocidad de denominación, comprensión lectora, fluidez lectora, lectura de palabras y vocabulario. De los resultados, se desprende que existe una mayor correlación

entre la velocidad de denominación de letras y el bajo nivel de pausas con la comprensión lectora, esto sugiere que entre la comprensión lectora y la velocidad de denominación existe un componente de velocidad de acceso y reconocimiento de la información que provoca una liberación de recursos cognitivos a favor de la comprensión lectora debido al mecanismo de precisión y fluidez lectora de palabras. Por su parte, Heikkilä et al. (2009) realizaron un estudio sobre la capacidad de la RAN para detectar problemas de aprendizaje en sujetos con diferente entorno cultural y lingüístico, reclutando a 193 niños finlandeses de 8-11 años con problemas de aprendizaje. De los resultados, se obtiene que la RAN presenta una conexión específica con las dificultades lectoras en mayor medida que en los niños que presentan problemas de aprendizaje no relacionados con la lectura. Estas diferencias de resultados no se explican por el nivel socioeconómico o la edad, sin embargo, los autores refieren la necesidad de realizar más estudios que expliquen si las causas de la lentitud de denominación se relacionan con habilidades lingüísticas, procesamiento no-lingüístico o por otros motivos.

Desde una mirada terapéutica, Vander y Van (2018) realizaron una investigación a fin de comprobar la eficacia de una intervención de conciencia fonológica y denominación automatizada rápida y averiguar el efecto en la lectura y ortografía. La muestra se compuso de 36 estudiantes de 4 clases de segundo grado de dos escuelas primarias, en donde cada clase formaron subgrupos de intervención de conciencia fonológica y denominación automatizada rápida. De los resultados se obtiene que, ambas intervenciones realizadas potenciaban sólo la habilidad trabajada. Por un lado, la intervención de conciencia fonológica afecta en el tipo de errores ortográficos, mientras que la intervención

denominación automatizada beneficia la velocidad lectora. Cabe destacar que los beneficios de ambas intervenciones mostraron efectos a largo plazo, lo que demostró la eficacia del entrenamiento para la disminución de dificultades lectoras en los niños. Del mismo modo, Wolff (2014) ejecutó una investigación en la que buscaba examinar la conciencia fonémica y la denominación rápida automatizada como predictores de la velocidad lectora, comprensión lectora y ortografía en niños con dificultades lectoras. La muestra se compuso de niños de 9 años con y sin dificultades lectoras ($n= 57$ y $n= 55$, respectivamente) quienes recibieron entrenamiento fonético, estrategias de comprensión y velocidad lectora. De los resultados, se obtiene que la denominación rápida automatizada evidencia mejorías con un plan de entrenamiento y predice la velocidad lectora a diferencia de la conciencia fonémica que predice la comprensión lectora y ortografía. Por otro lado, se observó que la denominación automatizada rápida y la conciencia fonémica presentan reciprocidad con la lectura de manera individual, por lo que se establece que ambas medidas presentan algunas similitudes para predecir el desempeño lector.

En suma, la velocidad de denominación es una variable clave para comprender el fenómeno de la dislexia y sus procesos descendidos, siendo un predictor que permite diferenciar entre estudiantes con y sin TL. Asimismo, se considera un proceso cognitivo sensible tanto para el desarrollo de la fluidez lectora, como para la pesquisa de la dislexia (Decker et al., 2013; Norton y Wolf, 2012).

2.6 Velocidad lectora

El concepto de velocidad lectora (VL) está intrínsecamente vinculado con la decodificación lectora, la que se considera como la capacidad de leer rápido y de manera precisa (Carretti et al., 2019). Este proceso es totalmente diferente si se decodifica un texto o palabras aisladas ya que, en el primer caso a diferencia del segundo, el lector puede depender de una serie de subcomponentes ligados críticamente con la comprensión global de la lectura (Carretti et al., 2019). Sumado a lo anterior, la VL sería una habilidad crucial tanto en la escuela como en las actividades de la vida cotidiana (Carretti et al., 2019). Además, el leer rápido está más relacionado con las habilidades del procesamiento del lenguaje que con las habilidades involucradas con el control de los movimientos oculares (Rayner et al., 2016). Asimismo, es importante mencionar que existiría una robusta evidencia para mencionar que la decodificación lectora sería un potente predictor de la habilidad de comprensión lectora en los primeros años de escolaridad (Carretti et al., 2019).

Aunque diversos programas mencionan que se puede leer más rápido sin perder la comprensión, eso no es posible para la mayoría de las personas, ya que al intentar incrementar la VL, es inevitable el comprometer la comprensión y el recuerdo del texto (Rayner et al., 2016). Asimismo, es importante señalar que para que se pueda afianzar la comprensión lectora, aparte de requerir un buen lenguaje oral, es necesario una lectura rápida y eficiente, ya que, al automatizar este proceso, el cerebro es capaz de destinar recursos cognitivos y energéticos en la comprensión de lo que se está leyendo y no en la decodificación de cada palabra (algo que ocurre en los lectores deficientes o cuando se está recién aprendiendo a leer) (Guevara, 2018; Ripoll y Aguado, 2014).

Para aprovechar al máximo la información entregada por un texto, el lector debe reconocer las palabras de manera automática (Kamil et al. 2011), ya que el reconocimiento rápido de palabras libera recursos mentales para poder pensar acerca de la intención del escritor y permite comprender el significado del texto (Kamil et al. 2011). Por otro lado, la falta de automaticidad en el reconocimiento de palabras se considera el mayor impedimento en aquellos estudiantes con trastornos de la lectura de habla inglesa (Kamil et al. 2011), lo que se debería a que el idioma inglés, al no ser un idioma transparente (comprendiendo este concepto con que el grafema se condice con su fonema), sería mucho más complejo que los estudiantes con un TL pudiesen comprender y automatizar los diferentes sonidos de un mismo fonema (Diuk y Ferroni, 2013).

Sumado a lo expuesto anteriormente, es importante destacar que otro de los factores involucrados con el reconocimiento rápido de las palabras, y por ende con la VL, es el tipo de palabra a leer. Kamil et al. (2011), exponen ciertas características de las palabras que influirían en el reconocimiento de estas, las que se presentan a continuación:

1. Palabras más frecuentes se reconocen más rápido que las menos frecuentes.
2. Palabras verdaderas se reconocen más rápido que las no palabras o pseudopalabras.
3. Depende del tipo de longitud de la palabra verdadera y de la pseudopalabra, pero en ocasiones una pseudopalabra corta puede leerse tan rápido como una palabra verdadera de la misma longitud.

4. Palabras de baja frecuencia regulares se leen más rápido que las palabras frecuentes irregulares. Pero, la diferencia entre palabras de alta frecuencia regulares e irregulares no es tan grande.
5. Irregularidades al inicio de la palabra se leen más rápido que si éstas mismas se encontraran al final.
6. Pseudohófonos se leen más rápido que las pseudopalabras de la misma longitud.
7. Pseudohófonos más parecidos a palabras frecuentes se leen más rápido que aquellos que no.
8. Palabras con vecindad ortográfica se leen más rápido que las pseudopalabras, pero no más rápido que los pseudohófonos (ya que estos últimos son palabras inexistentes conformadas por letras cuya representación fonémica es la misma a una palabra que existe).

2.6.1 Velocidad lectora y dislexia

En torno a la VL en personas con TL, Palazón (2020) realiza un estudio en el cual busca determinar las diferencias en los errores de la lectura oral, VL y velocidad de denominación en estudiantes de cuarto y quinto año de primaria que presentaran diagnóstico sólo con dislexia ($n= 25$), con déficit atencional con hiperactividad (TDAH) y dislexia ($n= 25$) y en estudiantes con desarrollo normo-lector ($n= 25$). Refiriéndose exclusivamente a la variable VL, encontró que existían diferencias estadísticamente significativas si se comparaba al grupo de normo-lectores versus el grupo con dislexia o al correspondiente de TDAH-dislexia, en donde el primer grupo leía más rápido que los grupos con un diagnóstico de base. Por el contrario, y al comparar la VL entre estos dos últimos

grupos, no existía una diferencia estadísticamente significativa en su rendimiento.

Por otra parte, Schneps et al. (2013) efectuaron una investigación con el objetivo de evaluar las diferencias en las tecnologías y cómo la configuración de los lectores electrónicos afecta la lectura en la dislexia. La muestra se compuso de 27 estudiantes con dificultades en la lectura, quienes leyeron un texto de 208 palabras en diferentes formatos: espaciado normal y aumentado; dispositivos con diferentes resoluciones y tamaños; utilización de manos y sin manos. De los resultados, se obtiene que los participantes con mejor lectura no presentaban dificultades al leer en espaciado normal o aumentado a diferencia de los que se desempeñaban peor, quienes con el texto espaciado incrementaron la comprensión lectora y decodificación de palabras. Sin embargo, se evidenció que la velocidad lectora incrementa cuando el texto se presenta en espaciado normal. Por otro lado, cuando el lector electrónico es sostenido en la mano, se ve regulada la dinámica oculomotora cuando la atención distribuida está deteriorada. Finalmente, se evidencia que el aparato electrónico IPOD es más ventajoso para la lectura, en el cual existe un promedio de 12,7 caracteres por línea lo que disminuye la posibilidad de retroceder horizontalmente a una palabra encontrada previamente en una línea, beneficiando la velocidad lectora.

Considerando la VL en adultos con dislexia, Del Tufo y Earle (2020) efectúan una investigación para determinar el perfil de habilidades cognitivas en estudiantes universitarios con historial de trastornos del desarrollo del lenguaje (TDL) y dislexia. Su muestra estuvo compuesta por universitarios de 18 a 35 años, con TDL ($n = 50$), con dislexia sola o combinada con TDL ($n = 40$) y adultos con desarrollo típico ($n = 132$). Los resultados arrojaron que una de las

habilidades que se encontraba descendida en aquellos adultos con historial de TDL, era la velocidad de lectura de oraciones, lo que haría presuponer que, si no se abordan las dificultades a tiempo, éstas continuarán a través de los años. Por su parte, Reis et al. (2020) realizan un metaanálisis, en el cual incluyeron 178 estudios en donde comparaban adultos con y sin dislexia, determinando que una de las dificultades que aún se encontrarían presentes en la vida adulta, es la que estaría relacionada con las medidas de velocidad lectora.

Finalmente, y considerando esta variable desde un punto de vista experimental, Wolff (2016) realizó una investigación a fin de estudiar los efectos a largo plazo de una intervención de lectura en niños de 9 años. La muestra se compuso de un grupo experimental ($n= 57$) y grupo control ($n= 55$), en donde el primer grupo recibieron entrenamiento en la decodificación de palabras, comprensión y velocidad lectora y el grupo de control actividades ordinarias del aula respectivamente. De los resultados se obtiene que quienes presentaban peores habilidades lectoras obtuvieron bajos resultados a diferencia de los estudiantes con rendimiento normal en decodificación, ortografía, comprensión lectora, memoria de trabajo y vocabulario 5 años después. Por otro lado, no se evidencia una mejoría significativa de velocidad lectora en el grupo de intervención, aunque esta significancia se puede observar en la decodificación de palabras, en donde los estudiantes con bajo rendimiento fueron los más beneficiados. Del mismo modo, Schneps et al. (2013) ejecutaron una investigación con el fin de observar el rendimiento lector de estudiantes con dislexia en formato papel y electrónico. La muestra se compuso de 103 estudiantes de primaria con dificultades lectoras, quienes leyeron textos en ambos formatos y al finalizar respondieron preguntas de selección múltiple

referente al texto leído. De los resultados, se obtiene que la lectura en formato electrónico beneficia la comprensión y velocidad lectora sólo en quienes presentaban un nivel lector peor, ya que los participantes con mejores habilidades lectoras presentaron un mejor rendimiento lector en papel. Estas ventajas se podrían explicar considerando los déficits oculomotores presentes en la dislexia, por lo que los lectores con peor desempeño de la muestra se ven beneficiados de un sistema electrónico de lectura, ya que disminuye las demandas de precisión posicional de la fijación manteniendo la atención visual lo que incrementa la velocidad y comprensión lectora.

Para resumir, es importante señalar que la velocidad lectora está íntimamente ligada con el diagnóstico de un TL, por lo que prácticamente estaría descendida en todos los individuos de esta población, y que continuaría incluso en la etapa adulta.

2.7 Electroencefalografía

Se han llevado a cabo estudios que utilizan la electroencefalografía (EEG) más como una ayuda para la identificación de síntomas correspondientes a la dislexia que para su diagnóstico (Perera et al., 2018). Específicamente en dichos estudios se evidenciarían alteraciones de la onda beta en sujetos con dislexia (Klimesch et al., 2001; Milne et al., 2003; Penolazzi et al., 2010).

La EEG es una técnica que permite el registro de las oscilaciones del potencial eléctrico cerebral, por medio del registro de electrodos ubicado en el cuero cabelludo de las personas, permitiendo monitorear y, en base a la detección de dichos potenciales, intentar relacionarlos con las diversas funciones

cerebrales (Perera et al., 2018). Esta actividad eléctrica es el resultado de la suma de potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios de las células piramidales de las capas II, III y IV, las cuales se encuentran perpendicularmente en la corteza cerebral (Mayor et al., 2013). Es importante mencionar que la magnitud de estos potenciales es pequeña, por tanto, para que su actividad sea registrada por el EEG, es necesario que una neurona se asocie con sus vecinas en un área aproximada de 6 cm^2 (Mayor et al., 2013).

Como se mencionó previamente, dentro de las utilidades de la EEG, es que permite registrar la actividad eléctrica cerebral, la cual puede ser clasificada en cinco tipos de ondas cerebrales, cada una con su respectiva frecuencia: Delta (0,1 – < 4Hz), relacionadas con las etapas del sueño profundo; Theta (4 – <8 Hz), observadas en el sueño ligero; Alfa (8 – 13 Hz), asociadas a un estado de vigilia relajado con los ojos abiertos; Beta (14 – 30 Hz), observada en los estados perceptivos y en la resolución de problemas cognitivos; y Gamma (>30 – 80 Hz), que aparece en estados de meditación, autoconciencia y estados elevados de procesos cognitivos (Babiloni et al., 2020; Maureira et al., 2020).

El uso de EEG comerciales o portátiles se ha incrementado notablemente en los últimos años, logrando que los sistemas de EEG se vuelvan más pequeños y baratos, reduciendo además la barrera del financiamiento para la investigación neurocientífica y logrando trasladar los estudios fuera del laboratorio a entornos más naturalistas, como la sala de clases (Williams et al., 2021). Uno de estos dispositivos portátiles es el EPOC+® (Figura 5 y 6) desarrollado por la empresa Emotiv y que posee catorce electrodos para captar las diferentes señales eléctricas cerebrales (Badcock et al., 2013). Es así como este tipo de dispositivos portátiles de bajo costo permiten no sólo expandir las

posibilidades de realizar investigación fuera de laboratorios especializados y costosos (Werhman et al., 2020), sino que además son confiables para la realización de investigación cognitiva (Williams et al., 2021), pudiendo ser utilizado en niños con y sin dificultades cognitivas (Badcock et al., 2015).

Figura 5.

Imagen del electroencefalograma portátil Emotiv Epoc+®.



Nota. Tomado de *EPOC+ Headset Details*, por Emotiv (s.f.).

Figura 6.

Imagen referencial de cómo se vería un usuario con el electroencefalograma portátil Emotiv Epoc+®.

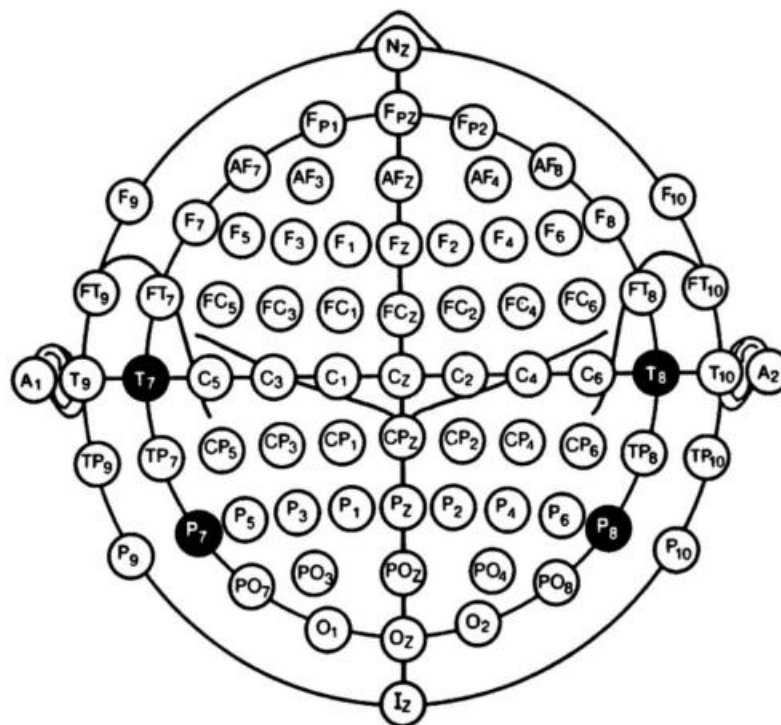


Nota. Tomado de Garcia et al. (2019).

Si bien el Emotiv EPOC+® usa la configuración internacional 10-20 para la posición de sus electrodos, utiliza la nomenclatura sistema internacional 10-10 modificada propuesta por la American Clinical Neurophysiology Society (ACNS, 2016) para poder nombrar cada uno de ellos, en donde cada inicial de la sigla corresponde a los diferentes lóbulos cerebrales: frontal (F), temporal (T), parietal (P) y occipital (O). Sumado a esto, se agrega “AF” para referirse a los electrodos ubicados en la zona frontal anterior y “FC” para etiquetar a los electrodos de la zona frontocentral. Asimismo, es importante mencionar que los números impares corresponden a los electrodos ubicados en el hemisferio izquierdo, y los números pares al hemisferio derecho (Figura 7).

Figura 7.

Localización de los electrodos de un electroencefalograma utilizando el sistema de coordenadas 10-10 modificado.

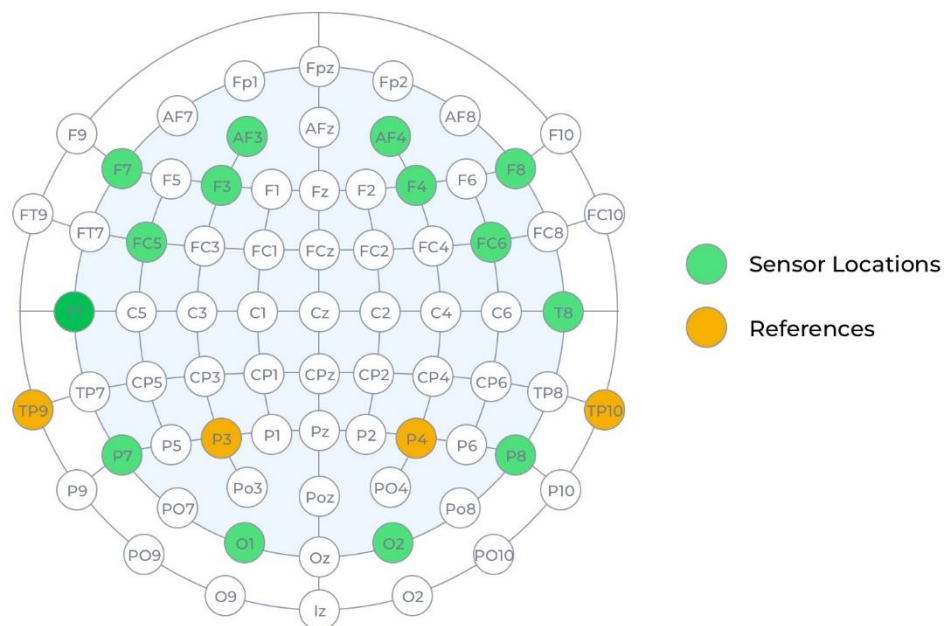


Nota. Tomado de ACNS (2016).

Sin embargo, los electrodos TP9 (CMS) y TP10 (DRL) son utilizados como referenciales para situar el resto de los electrodos de acuerdo con la configuración internacional 10-20, los cuales deben ir posicionados sobre el hueso mastoides de cada lado (Figura 8) (Emotiv, s.f.).

Figura 8.

Imagen referencial de los electrodos que utiliza el electroencefalograma portátil Emotiv EPOC+®.



Nota. Tomado de *EPOC+ Headset Details*, por EMOTIV (s.f.).

De acuerdo con la ACNS (2016), el sistema 10-20 se propuso en 1958 por la Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica (FISENC), como un sistema consistente y replicable para el registro de las señales electroencefalográficas. Asimismo, señalan que en un comienzo la medición inicial se hizo considerando sólo 21 electrodos colocados

a 10% o 20% de los puntos referenciales ubicados en el cráneo, en donde posteriormente y debido a la inclusión de más electrodos, se propuso un sistema 10-10 modificado, el que permitió que se pudieran incorporar nomenclaturas para los electrodos adicionales ubicados a nivel anteroposterior, coronal e inferior (ACNS, 2016). Estas incorporaciones sustituyeron los términos T3/T4 por T7/T8, T5/T6 por P7/P8, además de introducir el término AF (frontales anteriores) a la posición intermedia entre Fp y F (ACNS, 2016).

2.7.1 Electroencefalografía y dislexia

Existen diversas investigaciones que analizan si existen diferencias en el funcionamiento electroencefalográfico de las personas con y sin dislexia. En su investigación, Evans y Park (1996), analizaron las señales electroencefalográficas de las personas en reposo y con los ojos cerrados por un tiempo de 3 minutos, encontrando anomalías en el funcionamiento neural esperado en más del 70% de la muestra en ciertas zonas específicas (hemisferio cerebral izquierdo, lóbulo parietal derecho y áreas parietales bilaterales). Sin embargo, dentro de las limitaciones se encuentra el tamaño de la muestra, ya que sólo incorporó a 10 sujetos, 8 niños y 2 adultos, el tipo de muestreo y el rango de edad amplio de la muestra.

Arns et al. (2007) en su estudio que buscaba determinar los patrones cerebrales entre niños con y sin dislexia (19 para cada grupo), al realizar la tarea de permanecer dos minutos con los ojos abiertos, sentados y en silencio, descubrieron que el grupo con dislexia mostró un incremento en la actividad lenta de las ondas Delta y Theta de las regiones frontal izquierda y temporal derecho.

Asimismo, encontraron un aumento en la onda Beta-1 en el electrodo F7, el cual corresponde al lóbulo frontal izquierdo.

Perera et al. (2018) en la revisión que realizaron, encontraron evidencia sobre patrones diferenciales de ondas cerebrales y las estructuras corticales entre las personas con y sin dislexia. Asimismo, encontraron que los estándares mínimos para realizar estudios de EEG y dislexia son: poseer un mínimo de 15 participantes por grupo, pueden realizarse en niños y adultos, determinar las diferencias entre hombres y mujeres y establecer claramente los criterios de inclusión y exclusión, con el fin de minimizar los valores atípicos. Del mismo modo, Cainelli et al. (2023) por medio de una revisión sistemática de la literatura, buscaron la evidencia en relación con la existencia de correlato electroencefalográfico y la dislexia de desarrollo (DD). Entre sus hallazgos, encontraron que en las tareas de reposo entre los niños con y sin dislexia se evidenció que, si bien no había una localización clara de las diferencias en las ondas cerebrales, se presentaba un aumento de delta y theta, y una disminución de alfa. Por otra parte, en las tareas relacionadas con la lectura entre los niños con y sin dislexia, se presentan diferencias más localizadas en las zonas temporo-parietales izquierdas, encontrando rendimientos distintos en las ondas theta, beta y gamma.

Granados et al. (2022) realizaron un estudio longitudinal en donde evaluaron los patrones de activación cerebral y las asimetrías hemisféricas en niños con y sin dislexia a los 5, 7 y 9 años (el diagnóstico de dislexia se hizo de manera retrospectiva), cuyos grupos finalmente quedaron conformados por 21 individuos cada uno. Se cuantificó la actividad neural sincronizada de las respuestas auditivas en estado estacionario de las grabaciones del EEG para la

estimulación en función de la fluctuación silábica y fonémica presentes en el habla. Como resultados, encontraron niveles atípicos de sincronización neural y de conectividad en las fases previas al inicio formal de la lectura, reflejando una menor capacidad del cerebro disléxico para sincronizarse con la estimulación del ritmo silábico. Sumado a esto, mencionan que sus hallazgos reforzarían la hipótesis de una maduración más tardía del procesamiento de los ritmos beta en la dislexia. Finalmente, enfatizan la importancia de realizar este tipo de investigaciones en estudiantes con dislexia.

Por otra parte, e intentando determinar cuáles ondas cerebrales son las que se presentarían diferentes entre sujetos con y sin TL, Klimesch et al. (2001) en su estudio que buscaba determinar si existían diferencias electroencefalográficas de las ondas alfa y beta entre niños con y sin dislexia al leer números, palabras y pseudopalabras, encontraron desincronización en ambas ondas de las diferentes tareas evaluadas. Sumado a lo anterior, concluyen que la desincronización en la onda beta-1b, registradas en los electrodos FC5, CP5 y P3, reflejaría la codificación grafo-fonética de las palabras.

Penolazzi et al. (2010) realizaron un experimento en catorce estudiantes con dislexia de desarrollo (11 niños; edad: 118,6 meses \pm 21,6), el cual consistía en un entrenamiento fonológico ejecutado de manera diaria por seis meses, con una duración de diez minutos y realizado por medio de un software, en donde previo y posterior a la intervención, se evaluó la velocidad lectora y el poder de la banda beta como marcador neurofisiológico. Los resultados de este estudio evidencian un incremento estadísticamente significativo no sólo en la velocidad lectora, sino que también en la onda beta de todo el hemisferio izquierdo,

concluyendo que esta medida electroencefalográfica podría ser válida para medir la lateralización y reorganización del lenguaje en niños con alteraciones en la lectura. Sumado a lo anterior, Andreadis et al. (2009) utilizaron una técnica para el análisis de datos no lineales o caóticos, denominada Entropía Aproximada (ApEn, por sus siglas en inglés), el cual es un estadístico utilizado para cuantificar la regularidad de una serie temporal de datos de señales fisiológicas, en este caso del EEG. Reunieron 38 personas con dislexia (26 niños, promedio de edad y desviación estándar: $11,47 \pm 2,12$ años) y 19 sin esta condición (7 niños, promedio de edad y desviación estándar: $12,21 \pm 2,25$ años). Se utilizó un equipo de EEG de 15 electrodos, los cuales fueron posicionados de acuerdo con el sistema internacional 10-20, registrando la actividad eléctrica de los participantes en estado de relajación, despierto y con los ojos cerrados para minimizar los movimientos oculares. Entre los resultados de esta investigación, destaca la presencia de diferencias estadísticamente significativas en tres electrodos a favor del grupo control (C5, O2 y P4). Posteriormente, construyeron una clasificación basada en la metodología de máquinas vectoriales (SVM, por sus siglas en inglés) para los tres electrodos que obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, y determinaron que, al analizar esta información eléctrica cerebral, se podría clasificar a las personas de acuerdo con los parámetros de sensibilidad y especificidad, con un 89,47% y un 57,89%, respectivamente. Finalmente, y si bien plantean los autores que lo que realizaron aún no se podría utilizar con fines diagnósticos, podría ser útil para conocer y comprender desde otro punto de vista los trastornos neurológicos y neuropsicológicos.

Complementando lo anterior y desde un punto de vista experimental, Van der Lubbe et al. (2019) ejecutaron una investigación que buscaba valorar los posibles cambios de la orientación visual endógena en personas con dislexia de desarrollo (DD) y que pudiesen verse reflejados en el electroencefalograma. Para esto, reclutaron a universitarios con DD ($n= 12$) y controles ($n= 14$), sometiéndolos a realizar una variante del paradigma de señalamiento de Posner que utilizaba señales válidas o no válidas que precedían a los estímulos objetivo que aparecían en el campo visual derecho o izquierdo. Los hallazgos encontrados hacían referencia a que los universitarios con DD eran más lentos respondiendo a los estímulos, aunque de acuerdo con lo reportado por la onda alfa, los disléxicos orientaban antes que los controles, pero esta orientación se reducía cuando finalizaba la presentación de la señal-objetivo. Lo anterior apoyaría la idea de que las personas con dislexia tendrían problemas para mantener su atención, a pesar de que orienten bien. De la misma forma, Sklar et al. (1972) efectuaron un experimento entre niños con dislexia ($n= 12$; promedio de edad: 11,5 años) y sin ella ($n= 13$; promedio de edad: 11,6 años), para determinar si existían diferencias significativas en algunas de las tareas realizadas (descanso con los ojos cerrados, atento con los ojos abiertos, desarrollando problemas aritméticos mentales, lectura de listas de palabras y lectura de textos) en relación con su evaluación electroencefalográfica. Lo anterior se hizo para poder proponer este tipo de actividades para una detección temprana de los trastornos de la lectura. Dentro de los hallazgos principales, se encuentran que los niños con dislexia poseen diferencias importantes con respecto a sus controles, en donde las más recurrentes serían una mayor actividad en la onda theta y, durante la tarea mental, presentarían una mayor

coherencia entre las regiones del mismo hemisferio. De forma similar, Fadzal et al. (2012) midieron la actividad eléctrica cerebral de los electrodos C3, C4, P3 Y P4 de niños con dislexia mientras realizaban actividades de escritura, encontrando que en el rango de la onda beta de 22 a 28 Hz se producía un aumento considerable de la energía necesaria para realizar la tarea de escritura de palabras.

Para concluir, y de acuerdo con lo que señalan las investigaciones, existiría evidencia para indicar que las ondas cerebrales funcionarían de una manera diferente entre aquellos individuos con o sin un TL. Asimismo, y considerando a la onda Beta, ésta sería, al parecer, una medida electroencefalográfica válida no sólo para medir la lateralización y reorganización del lenguaje en niños con alteraciones en la lectura, sino que también para diferenciar entre escolares con y sin TL o, incluso, para indicar el nivel de maduración de esta onda en la población infantil escolarizada con este trastorno.

Finalmente, y considerando todos los precursores de la lectura expuestos en este capítulo, queda demostrado que para el correcto desarrollo del proceso lector es necesario un andamiaje mancomunado de una serie de habilidades lingüísticas, cognitivas e incluso electrofisiológicas, las que aportan el sustento necesario para que un estudiante pueda aprender a leer con éxito. Del mismo modo, poder orientar la evaluación en niños con trastorno de la lectura hacia aquellos procesos base, resulta imperioso para la entrega de intervenciones mucho más oportunas y efectivas.

CAPÍTULO III: PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Planteo del problema

De acuerdo con lo planteado por Galuschka y Schulte-Körne (2016), existe una falta de consenso a la hora de evaluar y diagnosticar los diferentes trastornos de la lectura. Si bien se plantean las características clásicas que determinan la presencia de un trastorno de la lectura (lectura lenta con numerosos errores y grandes problemas para comprender lo leído), y a pesar de la existencia de instrumentos validados que presentan reactivos similares, dichas técnicas se implementan de una manera distinta.

Sumado a lo anterior, y a pesar de que existan lineamientos internacionales para el diagnóstico de los trastornos de la lectura (DSM-5-TR, 2022), muchas veces cada gobierno, Ministerio de Educación o alguna entidad educativa/investigativa, confeccionan sus propias propuestas para la pesquisa, evaluación y diagnóstico de este tipo de diagnóstico.

Asimismo, especialmente en Latinoamérica, existe un déficit de estudios que aborden cómo interactúan ciertos procesos cognitivos básicos, lingüísticos y neurofisiológicos en el desarrollo del trastorno de la lectura (Benítez-Burraco, 2010; Guevara, 2016, 2018). Aunque existen estudios orientados a los precursores del proceso lector (Gil, 2019; Herrera et al., 2007; Puertas et al., 2023), aún son escasas las investigaciones latinoamericanas que aborden la intervención del proceso lector en estudiantes con trastornos del aprendizaje, en

comparación en comparación a los encontrados en inglés a nivel mundial (Villanueva-Bonilla y Ríos-Gallardo, 2019).

Si bien se han realizado estudios para investigar y diferenciar a los escolares con TL, éstos poseen tamaños de muestras pequeños, no utilizan instrumentos validados para su población y contexto, no se rigen por parámetros erigidos por algún organismo internacional y mucho menos utilizan algún tipo de instrumentación que permita objetivar la evaluación y diagnóstico de los trastornos de la lectura (Puertas et al., 2023; Villanueva-Bonilla y Ríos-Gallardo, 2019).

En Chile, su pesquisa en el ámbito educativo se rige por la utilización del Decreto 170 (Ministerio de Educación de Chile, 2010), el cual otorga lineamientos para el diagnóstico e intervención de diversas necesidades educativas transitorias y permanentes. Dentro de las transitorias, se encontraría el diagnóstico de trastorno específico del aprendizaje: lectura, el cual cumple con las mismas consideraciones que se han expuesto para la dislexia. Sin embargo, en los lineamientos para los establecimientos educacionales de Chile, el estudiante no puede ser diagnosticado con un trastorno de la lectura si posee un coeficiente intelectual (CI) menor de 79 puntos, lo cual difiere totalmente con el DSM-5-TR (2022), el que posibilita que personas con un CI de 70 +/- 5 puntos puedan de igual forma ser diagnosticadas con un trastorno de la lectura. Lo anterior es muy relevante, ya que un estudiante con dificultades lectoras clínicamente significativas y un CI inferior a lo planteado por el Decreto 170, podría no acceder al diagnóstico de trastorno específico del aprendizaje en el contexto chileno, aun cuando cumpla con los criterios diagnósticos

internacionales del DSM-V-TR (2022), lo que podría generar dificultades en el acceso a apoyos especializados por parte del estudiantado con dislexia.

A raíz de lo expuesto anteriormente, la presente investigación pretende contribuir a un mayor conocimiento de los procesos cognitivos intrínsecamente relacionados con las dificultades lectoras, así como también poder colaborar a un diagnóstico de dislexia más objetivo y con instrumentación de bajo costo. Es por esto, que surgen las siguientes preguntas de investigación:

- 1- ¿Cuál es la relación entre los procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos en escolares de 8 a 13 años con trastornos de la lectura que residen en la Región de La Araucanía, Chile?
- 2- ¿En qué medida los procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos permiten predecir la presencia de trastornos de la lectura en escolares de 8 a 13 años de la Región de La Araucanía, Chile?

3.2 Objetivos

3.2.1 *Objetivos generales:*

a) Analizar las relaciones entre procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos en escolares con trastornos de la lectura de 8 a 13 años, pertenecientes a la Región de La Araucanía, Chile.

b) Determinar la contribución relativa de procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos en la predicción y clasificación del trastorno de la lectura en escolares de 8 a 13 años de la Región de La Araucanía, Chile.

3.2.2 Objetivos específicos:

- Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento cognitivo (atención, memoria de trabajo y velocidad de nominación) entre los escolares con y sin trastorno de la lectura.
- Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento lingüístico (conciencia fonológica y velocidad lectora) entre los escolares con y sin trastorno de la lectura.
- Comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas en el promedio de las frecuencias de las ondas cerebrales, entre los escolares con y sin trastorno de la lectura, por medio de la Transformada Rápida de Fourier (FFT), para cada una de las series temporales no lineales de los electrodos estudiados (T7, T8, F7, F8).
- Identificar el punto de corte de las ondas Beta entre los escolares con y sin trastorno de la lectura.
- Evaluar la contribución conjunta y relativa de variables cognitivas, lingüísticas y electrofisiológicas en la predicción del trastorno de la lectura.
- Determinar cuál o cuáles variables son las más significativas para predecir un trastorno de la lectura en escolares de 8 a 13 años.

3.3 Hipótesis:

Hipótesis de investigación de diferencia de grupos:

- H1.1a Los escolares con trastorno de la lectura presentarán un menor rendimiento en memoria de trabajo en comparación con los escolares sin este trastorno.

- H1.1b Los escolares con trastorno de la lectura presentarán un menor rendimiento atencional en comparación con los escolares sin este trastorno.
- H1.1c Los escolares con trastorno de la lectura presentarán un menor rendimiento en la velocidad de nominación en comparación con los escolares sin este trastorno.

Justificación:

Existen diversas investigaciones que plantean que los escolares con TL, a diferencia de los que no poseen este diagnóstico, presentan un déficit en diferentes procesos cognitivos, entre los que se incluyen la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de denominación (Knoop-Van et al., 2018; Kudo et al., 2015; Parrila et al., 2020; Roselli et al., 2006).

- H1.2 Los escolares con trastorno de la lectura presentarán un déficit fonológico en comparación con los escolares sin este trastorno.

Justificación:

La conciencia fonológica es considerada como el principal precursor neuropsicológico de la lectura (Parrila et al., 2020), existiendo diversas investigaciones que apuntarían a que sería uno de los déficits centrales en aquellos escolares con un trastorno de la lectura (Pape-Neuman et al., 2015; Sohrabi y Sohrabi, 2017).

- H1.3 Los escolares con trastorno de la lectura leerán más lento en comparación con los escolares sin este trastorno.

Justificación:

Uno de los principales indicadores para el diagnóstico de dislexia es la velocidad lectora, considerándose asimismo como una habilidad que se va a encontrar descendida en este tipo de población (Palazón, 2020; Schneps et al., 2013).

- H1.4a Los escolares con trastorno de la lectura presentarán una mayor actividad de la onda delta en comparación con los escolares sin trastorno de la lectura.
- H1.4b Los escolares con trastorno de la lectura presentarán una mayor actividad de la onda theta en comparación con los escolares sin trastorno de la lectura.
- H1.4c Los escolares con trastorno de la lectura presentarán una menor actividad de la onda alfa en comparación con los escolares sin trastorno de la lectura.
- H1.4d Los escolares con trastorno de la lectura presentarán una menor actividad de la onda beta en comparación con los escolares sin trastorno de la lectura.

Justificación:

Los estudios con EEG en escolares con y sin TL son diversos, los cuáles no sólo se centran en la onda beta (Klimesch et al., 2001; Penolazzi et al., 2010), sino que también en otras ondas cerebrales, tanto en reposo como durante la ejecución de una tarea, refiriendo que habría un funcionamiento electrofisiológico diferente en escolares con un TL (Arns et al., 2007; Cainelli et al., 2023; Evans y Park, 1996), en donde se plantea que en los escolares

con el diagnóstico presentarían un aumento en la actividad eléctrica de las ondas delta y theta (Arns et al., 2007; Cainelli et al., 2023), con una disminución de las ondas alfa y beta (Cainelli et al., 2023).

Hipótesis predictivas:

- H1.5 Un conjunto de variables cognitivas, lingüísticas y electroencefalográficas permitirá predecir significativamente la pertenencia al grupo con trastorno de la lectura.
- H1.6 La conciencia fonológica, la velocidad de denominación y la actividad de la onda beta presentarán una mayor contribución relativa a la clasificación del trastorno de la lectura.

Justificación:

Es importante que se considere a la dislexia como un trastorno cuyo origen es multifactorial (Premeti et al., 2022), en donde interactúan variables cognitivas, lingüísticas y electrofisiológicas (Clement-Lam et al., 2025; Rosselli et al., 2006), logrando incluso predecir en un 44% problemas en la velocidad lectora a los 14 años utilizando medidas electroencefalográficas pesquiasadas a los 6 meses de vida, en infantes cuyos familiares tenían antecedentes de dislexia (Lohvansuu et al., 2018). Además, diversos estudios señalan la posibilidad de identificar a escolares con trastorno de la lectura mediante modelos predictivos (Parmar y Paunwala, 2023; Pennington et al., 2012). Por otra parte, la evidencia previa sugiere que la conciencia fonológica constituye uno de los principales predictores lingüísticos del desarrollo de la lectura (Maisog et al., 2008; Mejía y Eslava, 2008; Parrila et al., 2020). Asimismo, la velocidad de denominación ha sido identificada como

una de las variables cognitivas más relevantes para explicar las diferencias en el rendimiento lector (De la Calle et al., 2021; Gómez-Velásquez et al., 2010). Y, finalmente, diversos estudios han reportado asociaciones entre alteraciones en la actividad de la onda beta y las dificultades lectoras, sugiriendo su relevancia como marcador electrofisiológico para el trastorno de la lectura (Cainelli et al., 2023; Penolazzi et al., 2010).

Para concluir, la presente investigación tiene como finalidad analizar las diferencias en el rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico entre escolares con y sin trastorno de la lectura, determinando posteriormente qué variables son las más importantes para poder predecir la presencia de este trastorno. Asimismo, se espera que los resultados permitan incrementar el conocimiento acerca de este trastorno, favoreciendo la implementación de acciones de evaluación e intervención más precisas y eficaces tanto en el ámbito educativo como clínico.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Diseño de investigación:

En primer lugar, la investigación se enmarca en un diseño cuantitativo, no experimental y de corte transversal (Hernández Sampieri et al., 2017; Montero y León, 2007), ya que la toma de datos se realizó en un momento dado, sin manipulación de las variables por parte del investigador. Posteriormente, el diseño fue ex post facto retrospectivo, con dos grupos, uno de comparación (Montero y León, 2007), ya que las variables estaban dadas previamente en la población.

4.2 Participantes:

La muestra fue seleccionada por medio de un muestreo no probabilístico por conveniencia, y estuvo compuesta por escolares de 8 a 13 años pertenecientes a una escuela de educación primaria de la Región de La Araucanía, Chile. Se seleccionaron dos grupos: uno con trastorno de la lectura ($n= 30$; $M\ edad= 134.20$, $DE= 19.86$, varones= 21) y un grupo control sin trastorno de lectura ($n= 32$; $M\ edad= 133.72$, $DE= 21.55$, varones= 18). El tamaño muestral de mínimo 30 participantes para cada grupo se determinó considerando recomendaciones metodológicas que sugieren que muestras de este tamaño permiten la utilización de estadísticos paramétricos y favorecen la aproximación a la normalidad de la distribución muestral (Koh y Ahad, 2020; Kwak y Kim, 2017). Sin embargo, para la elección de las pruebas estadísticas se

consideró el criterio de normalidad por medio de la prueba Shapiro-Wilk, ya que la muestra en cada grupo era menor a 50 individuos (Ghasemi y Zahediasl, 2012). Asimismo, para estudios con EEG se sugiere un mínimo de 15 individuos por grupo (Perera et al., 2018), criterio que también fue considerado en la presente investigación.

Los criterios de inclusión para formar parte del estudio fueron:

- Grupo con trastornos de lectura: poseer diagnóstico de trastorno de la lectura emitido por los profesionales del establecimiento educacional, respetando la normativa vigente (Decreto 170). Para efectos de esta investigación, los diagnósticos fueron considerados compatibles con lo propuesto por la Asociación Americana de Psiquiatría (DSM-5-TR, 2022) para el diagnóstico de trastorno específico del aprendizaje con dificultad en lectura. Además, que tengan entre 8 y 13 años, escolarizados, que sepan leer y escribir y que no cuenten con algún déficit sensorial (auditivo o visual) y si lo presentaran, que éste se encuentre corregido mediante la utilización de anteojos, audífonos o implante coclear, según corresponda.
- Grupo de comparación: que se encuentren escolarizados, poseer entre 8 y 13 años, que sepan leer y escribir, y no tener diagnóstico ni antecedentes de alguna Necesidad Educativa Especial (NEE).

Por otra parte, los criterios de exclusión de la investigación fueron los siguientes:

- Presentar una edad inferior a 8 años o superior a 13 años, no encontrarse escolarizado, no saber leer o escribir, presentar déficit visual o auditivo no corregido mediante las ayudas técnicas correspondientes y, en el caso

del grupo de comparación, presentar diagnóstico o antecedentes de una NEE.

4.3 Técnicas de recolección:

Para la recopilación de los datos personales y de los antecedentes clínicos, el investigador elaboró una entrevista semiestructurada que fue respondida por los padres o apoderados legales del estudiante.

Posteriormente, se realizó una sesión única de evaluación individual en donde se evaluó el rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico en cada uno de los participantes de ambos grupos.

4.3.1 Instrumentos:

En relación con el rendimiento cognitivo, la evaluación de la atención fue realizada con el instrumento Attention Network Test (ANT) (Fan et al., 2002; Musso et al., 2019), el cual está diseñado para medir las tres redes atencionales: alerta, orientación y atención ejecutiva, las cuales respectivamente poseen los siguientes valores de confiabilidad: 0.52, 0.61 y 0.77 (Fan et al., 2002). El ANT es una prueba computarizada que combina el tiempo de reacción con el flanqueo o indicar hacia donde apunta el estímulo, el cual puede señalar a la izquierda o a la derecha, aparecer encima o debajo de la fijación central y puede o no estar acompañadas de distractores. Fue diseñada para ser aplicada en una sesión y tiene una duración de 30 minutos (Fan et al., 2002). Además, se utilizó el Trail Making Test A (TMT-A) para medir la atención visual (Carvallo y Ramos-Henderson, 2024), el cual posee valores normativos chilenos desde los 6 a los

14 años (Arango-Lasprilla et al., 2017), es una prueba de papel y lápiz, en la que el evaluado debe unir números de manera correlativa desde el 1 al 15 ubicados en diferentes posiciones de la hoja, en donde el tiempo máximo de aplicación es de 60 segundos (Arango-Lasprilla et al., 2017).

La memoria de trabajo fue medida por el *Adaptive Composite Complex Span* (ACCES) (Gonthier et al., 2018), el cual se basó para su creación en las tareas computarizadas creadas por Unsworth et al. (2005). El ACCES se diseñó para la evaluación de la memoria de trabajo en niños de 8 a 13 años, está compuesto por tres subpruebas que evalúan aspectos tanto verbales como visoespaciales, y para su elaboración se utilizó el principio de las pruebas adaptativas, el que consiste en ajustar dinámicamente el nivel de dificultad a medida que la prueba avanza para que coincida con la capacidad del participante (Gonthier et al., 2018). Los estímulos de las subpruebas son a través de la lectura de oraciones, identificación de patrones simétricos y la resolución de operaciones matemáticas (Gonthier et al., 2018). La confiabilidad del instrumento por medio de la prueba-retest fue de 0.70 (Gonthier et al., 2018). Es importante mencionar que, para la evaluación de la memoria de trabajo en esta investigación, sólo se utilizó la tarea de identificación de patrones simétricos (la cual consistía en recordar la posición de los diferentes cuadrados que iban apareciendo) ya que, por las dificultades lectoras del grupo con TL, la lectura de oraciones y la resolución de operaciones matemáticas (que también debían leer) podrían ser un sesgo importante por la condición de base de este grupo. Por lo tanto, se consideró como medida de memoria de trabajo la cantidad de cuadrados recordados en el orden correcto en aquellos ensayos perfectamente recordados. Asimismo, es relevante señalar que se consideraron para el análisis

estadístico aquellos intentos en los cuales se obtenía una precisión de, al menos, un 70% en la tarea de interferencia. Por otra parte, para evaluar el componente de manipulación de información de la memoria de trabajo se utilizó el *Trail Making Test B* (TMT-B), un instrumento de papel y lápiz en el cual el estudiante debe unir números (8) y letras (7) de manera ascendente e intercalada, en donde para su realización tiene un tiempo máximo de 150 segundos y que cuenta con normas chilenas (Arango-Lasprilla et al., 2017; Sánchez-Cubillo et al., 2009).

La velocidad de denominación fue evaluada por medio de la Adaptación de la “Batería de Denominación Rápida” (Gómez-Velázquez et al., 2010) realizada por Denckla y Rudel (1976), quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo con y sin trastorno de la lectura, en las cuatro tareas que evalúan: dibujos, letras, números y colores. Esta prueba está conformada por cuatro láminas, las cuales tienen 50 elementos cada una, de acuerdo con las tareas mencionadas previamente. Todos los elementos de cada categoría se deben nombrar lo más rápidamente posible, contabilizando no sólo el tiempo utilizado, sino que también el número de respuestas correctas (Denckla y Rudel, 1976). Esta prueba posee índices de confiabilidad de alfa de Cronbach que van desde .80 (Wolf y Denckla, 2003) a .92 (De la Calle, 2019).

Con relación a la evaluación lingüística, la conciencia fonológica fue medida por medio de las tareas de fluidez verbal fonológica (Olabarrieta-Landa et al. 2017), las cuales poseen valores normativos para población chilena desde los 6 y hasta los 17 años para los fonemas /f/, /a/ y /s/. La velocidad lectora fue cronometrada al leer durante un minuto un texto conformado por 179 palabras, el cual está fonéticamente balanceado para el idioma español (Ortega-García et

al., 2000), comparando posteriormente la velocidad lectora de acuerdo con los parámetros expuestos por el Ministerio de Educación de Chile (2008).

Para la recolección de las señales electroencefalográficas, se utilizó el electroencefalograma (EEG) comercial Emotiv EPOC®+ (Emotiv, s.f.), para medir el rendimiento de las ondas alfa, beta, gamma y theta en la lectura del texto fonéticamente balanceado.

El EPOC®+ es un sistema de EEG portátil de alta resolución, compuesto por 14 canales, los cuales están localizados de acuerdo con la nomenclatura internacional 10-20 (AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4). El ancho de banda es desde 0,2 a 45 Hz, con filtros notch digitales a 50 Hz y 60 Hz para reducir interferencias eléctricas y un filtro digital sinc de quinto orden para el acondicionamiento de la señal EEG (Badcock et al., 2013; Emotiv, s.f.). La frecuencia de muestreo es de 128Hz o 256Hz (Williams et al., 2020). Asimismo, los electrodos que se utilizaron para la recolección de datos son los que se relacionan con el área de Broca (F7 y F8) y con el área de Wernicke (T7 y T8), todos vinculados al procesamiento del lenguaje de acuerdo con lo señalado por Koessler et al. (2009) y que, además, estarían relacionados con el procesamiento fonológico (Klaus y Hartwigsen, 2019; Robson et al., 2019). Del mismo modo, el EPOC®+ utiliza el sistema 10-20 para la colocación de los electrodos, el cual, de acuerdo con lo señalado por Garza (2015) se debe realizar de la siguiente forma: se mide la distancia que hay entre el inión y el nasión, que representa 100% en el plano sagital, y la distancia entre el trago de un lado (depresión inmediatamente por delante del pabellón auricular) y el trago del lado opuesto, que es 100% en sentido coronal. El electrodo central Cz se ubica a la mitad de la distancia entre el inión y el nasión (50%), y a la mitad de la distancia

trago-trago (50%). Un 20% de la distancia ini3n-nasi3n, hacia adelante de Cz y en la l3nea media, corresponde a la ubicaci3n del electrodo Fz, y 20% hacia atr3s de Cz se ubica Pz. En direcci3n lateral a Cz se encuentran del lado derecho C4 y T4, al 20 y 40% de la distancia trago-trago, respectivamente, y del lado izquierdo est3n C3 y T3, tambi3n al 20 y 40% de la distancia trago-trago.

Es importante mencionar que, si bien no todos los instrumentos poseen normas o estudios de validaci3n para la poblaci3n chilena, su uso se fundament3 considerando tanto la evidencia disponible con respecto a sus propiedades psicom3tricas, como a su pertinencia para la evaluaci3n de las variables consideradas en esta investigaci3n. Por tanto, los resultados deben interpretarse considerando esta limitaci3n metodol3gica.

Para finalizar, en la Tabla 2 se expone una s3ntesis de los instrumentos utilizados, los procesos cognitivos y las medidas dependientes analizadas.

Tabla 2.

Resumen de los instrumentos utilizados en la investigaci3n.

Proceso cognitivo evaluado	Instrumento	Medidas Dependientes
Atenci3n	Attention Network Test (ANT)	Alerta: milisegundos Orientaci3n: milisegundos Atenci3n Ejecutiva: milisegundos
Atenci3n visual	Trail Making Test A (TMT-A)	Segundos
Memoria de trabajo	Adaptive Composite Complex Span (ACCES)	Precisi3n: Cantidad de cuadrados recordados en el orden correcto de ensayos perfectamente recordados
Capacidad de Memoria de trabajo	Trail Making Test B (TMT-B)	Segundos
Velocidad de denominaci3n	Bater3a de denominaci3n r3pida	Segundos

Conciencia fonológica	Tareas de fluidez verbal fonológica	Cantidad de palabras evocadas en un minuto
Velocidad lectora	Texto fonéticamente balanceado	Palabras leídas correctamente en un minuto
Ondas cerebrales	Emotiv EPOC+	Microvoltios al cuadrado o μV^2

4.4 Procedimiento:

Previo a iniciar la recolección de datos, se acudió a diferentes establecimientos educacionales de la Región de La Araucanía, Chile, y se le informó a la directiva acerca de la investigación a realizar, enfatizando en la importancia y beneficio de esta. A continuación, y una vez autorizado por una de las directivas de las escuelas que contaba con el número adecuado de participantes, se solicitó la información de los escolares con y sin diagnóstico de alguna necesidad educativa especial (NEE) para seleccionar, de acuerdo con los criterios de inclusión de la investigación, a los participantes de cada muestra (casos y grupo de comparación). Es importante mencionar que en el presente estudio no se realizó una evaluación del coeficiente intelectual, ya que los estudiantes seleccionados poseían el diagnóstico emanado desde su propio establecimiento, el cual cumplía con lo propuesto por el Decreto 170 (Ministerio de Educación de Chile, 2010).

Realizado lo anterior, se procedió a enviar una citación al apoderado, padre o tutor legal de cada estudiante seleccionado, para explicarle de manera presencial el motivo de la investigación y la forma en que se haría el procedimiento, dejando en claro que el participante tenía total libertad de abandonar el proceso en el momento que él quisiera. Entonces, si aceptaba que

su hijo(a) fuera parte del estudio, se procedía a la firma del consentimiento informado.

Posteriormente, se explicó de manera verbal el procedimiento a los escolares y se les hizo firmar el asentimiento informado si decidían participar, aclarando todas las dudas que pudiesen surgir y manifestándoles que en cualquier momento se podían retirar de la evaluación, incluso si ésta no había concluido. Una vez realizado esto, se inició el proceso de evaluación de manera individual en una sala libre de ruidos y distracciones, en una sola sesión que rondó los 60 minutos, con una pausa intermedia de 10 minutos para disminuir en lo posible el efecto de la fatiga, respetando los tiempos de respuesta de cada participante, en el horario habitual de clases y resguardando las condiciones adecuadas de luz y sonido. Es importante mencionar que, en todas las evaluaciones realizadas, ya sean en las de papel y lápiz (TMT-A, TMT-B, batería de denominación rápida, tareas de fluidez verbal fonológica y lectura de un texto fonéticamente balanceado acompañado por el Emotiv Epoc+®) como en las computarizadas a través de la plataforma de evaluación cognitiva Milliseconds (ANT y ACCES), las instrucciones eran proporcionadas de manera verbal por parte del evaluador, para que de esta forma se controlara la comprensión de las consignas tanto por el grupo de niños con TL como por el grupo de comparación.

Finalmente, se procedió a la tabulación y análisis de los datos recabados. Es importante mencionar que la identidad y los resultados fueron confidenciales y almacenados en el domicilio del investigador principal. Asimismo, los datos obtenidos fueron usados únicamente para el propósito de esta investigación y se eliminarán al transcurrir 5 años.

4.5 Análisis estadístico

Una vez recopilados los datos, éstos fueron tabulados a través de un computador HP modelo Pavilion x360, con el software Excel versión 2016, mientras que el análisis estadístico se efectuó tanto en el software SPSS versión 22, como en el software estadístico diseñado para aprendizaje automático y minería de datos, *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (Weka) (Hall et al., 2009).

En primer lugar, se llevó a cabo un Análisis Exploratorio de Datos (AED) para examinar los datos, previo a la aplicación de cualquier técnica estadística inferencial. El AED permite una evaluación profunda de las características de la muestra, así como un estudio minucioso de las variables objeto de estudio. Esto permitió, además, observar si los datos contaban con las características paramétricas adecuadas para realizar pruebas inferenciales. A través del AED se describieron las características sociodemográficas de la muestra y se excluyeron aquellos sujetos que no cumplieron con los criterios de inclusión previo a la toma de la muestra, por lo que no alcanzaron a ser evaluados. Además, se obtuvieron las medidas descriptivas de los rendimientos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos para cada una de las tareas aplicadas en ambos grupos.

Consecutivamente, se procedió a realizar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para evaluar si cada uno de los valores de las distintas mediciones de cada grupo se ajustaban a una distribución normal.

Posteriormente, y si se comprobaba la presencia de una distribución normal, se procedió a determinar si existían diferencias estadísticamente

significativas entre los grupos por medio de la prueba t de Student; y si no poseían una distribución normal, se utilizaba la prueba de U de Mann-Whitney (Hernández Sampieri et al., 2017). Las medidas del ANT (variables temporales en milisegundos) fueron transformadas a logaritmo natural (Ln) por razones estadísticas y teóricas. En primer lugar, las variables temporales suelen presentar distribuciones asimétricas con colas largas, por lo que la transformación logarítmica contribuye a reducir el sesgo, estabilizar la varianza y aproximar la normalidad, favoreciendo el cumplimiento de los supuestos de los modelos paramétricos. En segundo lugar, dado que muchos procesos temporales responden a dinámicas multiplicativas o exponenciales, el Ln permite linearizar dichas relaciones, convirtiendo cambios proporcionales en efectos aditivos y facilitando la interpretación de los resultados en términos relativos. En consecuencia, esta transformación mejora tanto la robustez del análisis como la comparabilidad e interpretabilidad de los parámetros estimados.

Con respecto al análisis electrofisiológico, se estableció la potencia espectral de la banda de frecuencia theta (4 - 8 Hz), alfa (8 - 12 Hz), beta 1 (12 - 16 Hz), beta 2 (16 - 25 Hz) y gamma (25 - 45 Hz) por medio de la FFT aplicada a cada una de las series temporales no lineales de los electrodos estudiados (T7, T8, F7 y F8) durante la lectura del texto. Es importante mencionar que las señales de EEG fueron registradas y filtradas por el software EMOTIVPRO, diseñado por la misma empresa que creó el EEG portátil utilizado en la presente investigación, el cual incorpora filtros digitales internos (ancho de banda de 0,2 a 45 Hz, filtros notch de 50 y 60 Hz y un filtro digital de quinto orden) destinados a reducir interferencias y acondicionar la señal electrofisiológica. Adicionalmente, se realizó una inspección visual y se extrajo de cada muestra un total de 20

segundos sin la presencia de artefactos evidentes para el posterior análisis de la FFT. La FFT es calculada de manera automática por el software EMOTIVPRO, y permite la transformación de series temporales a las frecuencias, identificando aquellas que componen la señal y cuanta energía o potencia tiene cada una. Sin embargo, es importante mencionar que para los modelos predictivos posteriores sólo se consideró a la onda beta 2, ya que diversos autores señalan que su activación sería diferente en escolares con dislexia (Milne et al., 2003; Penolazzi et al., 2010). Adicionalmente, entre las bandas beta analizadas, beta 2 fue la única que obtuvo diferencias estadísticamente significativas, lo que respaldó su incorporación en los análisis predictivos.

Ulteriormente, se realizó el análisis de regresión logística binaria, ya que la variable dependiente del estudio fue de tipo dicotómica (presencia o no de dislexia), para determinar cuál variable independiente predice de mejor manera la presencia de esta condición.

Sumado a lo anterior, se procedió a hacer un análisis por medio de redes neuronales artificiales (RNA) para determinar qué variables influían más en la presencia de un trastorno de la lectura. Una RNA es un sistema de procesamiento de información formado por unidades de procesamiento llamadas neuronas, en donde cada neurona permite mapear diferentes entradas en una salida, convirtiéndose así en el elemento más importante para cualquier RNA (Casallar et al., 2015; Musso et al., 2020; Musso y Casallar, 2024; Rodríguez-Hernández et al., 2021). La topología utilizada para el presente estudio es la del perceptrón multicapa (PM), la que probablemente sea la más común de las RNA y son conocidas por su utilidad predictiva (Garson, 2014). Un PM es una estructura que tiene al menos 3 capas, una de entrada, una oculta y otra de

salida. La capa de entrada representa las variables independientes o predictoras, la capa oculta es donde se realiza el mapeo para relacionar la entrada y la salida, y la capa de salida se asemeja a la variable dependiente (Somers y Casal, 2009). Los PM pueden ser utilizados tanto para predecir como para clasificar (Rodríguez-Hernández et al., 2021). Además, para disminuir el riesgo de sobreajuste de la RNA, los datos fueron divididos en fase de entrenamiento y fase de pruebas, para evaluar el desempeño del modelo en datos no utilizados durante el proceso de aprendizaje. Para la fase de entrenamiento del PM, se utilizó el entrenamiento por lote, en el cual todos los casos de la partición de entrenamiento se presentan a la vez en el PM (Haykin, 2009). Asimismo, con el análisis por RNA se obtuvo el área bajo la curva o AUC, por sus siglas en inglés (*Area Under Curve*) (Cascallar et al., 2015; Cerda & Cifuentes, 2012; Musso et al., 2020; Musso y Cascallar, 2024). El AUC nos permite determinar si el modelo es útil para poder identificar a sujetos con la condición, en este caso, escolares con TL, en donde más cercano a 1, mejor será para clasificar al grupo de estudio.

Además del AUC, se utilizaron otros indicadores para evaluar la calidad del modelo de clasificación, tales como *precision* (*precisión*), *recall*, *sensitivity* (sensibilidad) y *specifity* (especificidad) (Tabla 3). Estos indicadores se desprenden de la matriz de confusión y permiten analizar el desempeño del modelo desde diferentes perspectivas. La precisión indica la proporción de casos que el modelo clasificó correctamente como positivos respecto del total de casos que predijo como positivos, es decir, mide cuán confiables son las predicciones positivas. El *recall* o sensibilidad, representan la proporción de verdaderos positivos identificados correctamente por el modelo con relación al total real de positivos, lo que permite evaluar su capacidad para detectar efectivamente los

casos con TL. Por otro lado, la especificidad refleja la proporción de verdaderos negativos correctamente identificados (Fawcett, 2006; Powers, 2011).

Tabla 3.

Indicadores para evaluar la calidad del modelo de clasificación.

Indicador	Definición	Fórmula
Precisión	Proporción de verdaderos positivos entre todos los casos predichos como positivos.	$VP/VP+FP$
Recall/Sensibilidad	Proporción de verdaderos positivos correctamente identificados.	$VP/VP+FN$
Especificidad	Proporción de verdaderos negativos correctamente identificados.	$VN/VN+FP$

VP: Verdadero positivo; FP: Falso positivo; FN: Falso negativo; VN: Verdadero negativo.

Finalmente, y como se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la onda cerebral beta, se procedió a realizar un puntaje de corte preliminar por medio del percentil 25 (P25) en el grupo sin TL. Se utiliza este punto de corte debido a que un valor inferior al P25 indica un desempeño bajo con relación a sus pares (Aragón, 2004), pudiendo incluso ser considerados como estudiantes de bajo rendimiento y que, por tanto, necesitan de apoyos educativos adicionales (Bulut et al., 2022).

CAPÍTULO VI: RESULTADOS

A continuación, se informarán los resultados de la investigación, desglosados a partir de los objetivos específicos. Sin embargo, en primer lugar, se presentarán las características generales de cada grupo, concernientes a la edad en meses, sexo biológico, preferencia manual y presencia o no de trastorno de la lectura (Tabla 4).

Tabla 4.

Características generales de los grupos estudiados.

Grupo	N	Edad (meses)	Sexo biológico	Preferencia manual
Con trastorno de la lectura	30	134.20 (D.E.= 19.861)	21 H (9 M)	29 D (1 Z)
Sin trastorno de la lectura	32	133.72 (D.E.= 21.554)	18 H (14 M)	30 D (2 Z)
Total	62	133.95 (D.E.=20.584)	39 H (23 M)	59 D (3 Z)

N: Número total de cada población; D.E.: Desviación estándar; H: Hombres; M: Mujeres; D: Diestro; Z: Zurdo.

En relación con la edad, en ambos grupos se observa una distribución normal (Shapiro-Wilk: $p=.129$ para el grupo con TL y $.37$ para el grupo sin TL). Asimismo, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede

a realizar estadística paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos, determinando que no existen diferencias estadísticamente significativas en edad ($t_{(60)}=-.091, p>.05$). Por otra parte, y si bien el porcentaje de mujeres en el grupo con TL es de un 30% y en el del sin TL es de un 43,75%, esto podría considerarse esperable teniendo en cuenta la prevalencia del TL de aproximadamente tres varones por cada mujer (Landerl y Moll, 2010).

5.1. Rendimiento cognitivo: atención

En la Tabla 5 se muestran los puntajes obtenidos en el instrumento *Attention Network Test* (ANT) para las redes atencionales de alerta, orientación y ejecutiva. Es importante mencionar que, para el análisis de este instrumento, sólo se incluyeron aquellos intentos registrados como válidos por el programa (23 para el grupo con trastorno de la lectura y 26 para el grupo sin trastorno de la lectura), a los cuales posteriormente sus tiempos de reacción en milisegundos fueron transformados a logaritmo natural (Ln). Por otra parte, se incorporan en la Tabla 5 los resultados obtenidos por medio del instrumento Trail Making Test A (TMT-A) para ambos grupos, en sus cantidades originales.

Tabla 5.*Rendimiento atencional de los grupos estudiados.*

Grupo	N	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín-Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (red de alerta)	23	4.06 (.60)	4.13 (.78)	2.60-5.05	t(47)=1.457	=.152	d=.414
Sin trastorno de la lectura (red de alerta)	26	3.76 (.82)	3.80 (1.24)	1.49-4.83			
Con trastorno de la lectura (red de orientación)	23	3.86 (.83)	3.98 (.86)	1.29-5.01	U=290	=.857	g=.024
Sin trastorno de la lectura (red de orientación)	26	3.84 (.79)	4.09 (.88)	1.65-4.98			
Con trastorno de la lectura (red ejecutiva)	23	4.60 (.67)	4.50 (.57)	2.16-5.73	U=276	=.645	g=.288
Sin trastorno de la lectura (red ejecutiva)	26	4.36 (.93)	4.56 (.84)	1.44-5.52			
Con trastorno de la lectura (TMT-A)	30	32.23 (12.91)	29 (12)	17-74	U=247.5	< .001	g=.893
Sin trastorno de la lectura (TMT-A)	32	22.88 (7.13)	23 (11)	11-39			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *t*: prueba t de Student; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *d*: d de Cohen; *g*: g de Hedges; *TMT-A*: Trail Making Test, versión A.

Con relación a la atención, el TMT-A fue la única prueba en la que se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo con y sin TL ($U=247.5$, $p<.001$, g de Hedges=.893), en donde el grupo sin TL presenta un mejor rendimiento en la tarea atencional. Asimismo, es importante mencionar que del grupo con TL un 27% se posicionó bajo el percentil 25, versus el 6,25% del grupo sin TL.

Por otra parte, en el resto de las redes evaluadas por el ANT no se encontraron diferencias estadísticamente significativas: red de alerta ($t_{(47)}=1.457$, $p=.152$, d de Cohen=.414), red de orientación ($U=290$, $p=.857$, g de Hedges=.024) y red ejecutiva ($U=276$, $p=.645$, g de Hedges=.288). Lo anterior pudiese deberse no sólo a una mayor carga cognitiva de la tarea, sino que también a la posible falta de potencia estadística al disminuir el tamaño de ambos grupos.

5.2. Rendimiento cognitivo: memoria de trabajo

A continuación, se puede observar el puntaje obtenido en el instrumento *Adaptive Composite Complex Span* (ACCES) en la tarea que evalúa la capacidad para recordar en el orden correcto una serie de cuadrados que aparecen en la pantalla del computador de manera progresiva, cuya tarea de interferencia es el reconocimiento de imágenes simétricas (Tabla 6). Es importante mencionar que para el análisis sólo se consideraron aquellos casos que tuvieron una precisión del 70% en la tarea de interferencia (decidir si la imagen era o no simétrica), obteniendo una muestra de 20 individuos para el grupo con trastorno de la lectura y de 26 para el grupo sin trastorno de la lectura. Del mismo modo, para medir la MT se consideró el Trail Making Test B para ambos grupos, en sus cantidades originales (Tabla 7). Es importante mencionar que, si bien ambos instrumentos evalúan la MT en su dimensión visoespacial, el reconocimiento de cuadrados posterior a una tarea de interferencia del ACCES se enfoca además en combinar la MT visoespacial con una tarea de juicio (Gonthier et al., 2018), haciéndola más compleja a diferencia del TMT-B, el cual

sólo agrega un componente de atención dividida y flexibilidad mental (Sánchez-Cubillo et al., 2009).

Tabla 6.

Capacidad de Memoria de Trabajo para la subprueba de simetría del ACCES.

Grupo	N	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura	20	15.2 (4.50)	14.0 (6)	10-28			
Sin trastorno de la lectura	26	15.65 (5.41)	15.0 (9)	8-32	U= 248.5	=.798	g=.088

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges.

En relación con el número de aciertos al recordar la secuencia de cuadrados, se ha encontrado que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo con y sin TL ($U=248.5$, $p=.798$, g de Hedges=.088). Estos resultados en el ACCES podrían deberse no sólo a una mayor carga cognitiva, sino que también a una disminución de la potencia estadística al verse disminuido el número de escolares en ambos grupos.

Tabla 7.

Rendimiento del TMT-B en los grupos estudiados (medido en segundos).

Grupo	Media (D.E.)	Media na (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura	80.53 (44.61)	68 (42)	30-208			
Sin trastorno de la lectura	48.22 (22.91)	43.5 (29)	17-107	U=218	<.001	g=.908

D.E.: Desviación estándar; *RIQ:* Rango intercuartil; *Mín:* valor mínimo; *Máx:* Valor máximo; *Estad:* estadístico de contraste; *U:* prueba U de Mann-Whitney; *p:* valor de significancia estadística; *TE:* tamaño del efecto; *g:* g de Hedges.

En relación con la memoria de trabajo y el TMT-B, se ha encontrado una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo con y sin TL ($U=218$, $p<.001$, g de Hedges=.908), en donde el grupo sin TL presenta un mejor rendimiento en la tarea de memoria de trabajo.

5.3. Rendimiento cognitivo: velocidad de denominación

En la Tabla 8 se pueden observar los puntajes obtenidos por los grupos en cada uno de los sub-ítems que evalúa la Batería de Denominación Rápida, además de la sumatoria total de puntos.

Tabla 8.*Rendimiento de la velocidad de nominación de los grupos estudiados.*

Grupo	Media (D.E.)	Media na (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (nominación de objetos)	105.37 (47.28 3)	90.5 (40)	48-295	U=186	<.001	g=.852
Sin trastorno de la lectura (nominación de objetos)	73.63 (22.91 0)	66.5 (31)	47-185			
Con trastorno de la lectura (nominación de letras)	55.17 (54.14 0)	41 (31)	24-325	U=136	<.001	g=.707
Sin trastorno de la lectura (nominación de letras)	27.94 (7.496)	28 (10)	16-50			
Con trastorno de la lectura (nominación de números)	41.40 (24.33 9)	37 (14)	22-148	U=209.5	<.001	g=.839
Sin trastorno de la lectura (nominación de números)	26.44 (6.796)	25,5 (10)	17-43			
Con trastorno de la lectura (nominación de colores)	76.47 (52.80 3)	64.5 (30)	35-329	U=215	<.001	g=.690
Sin trastorno de la lectura (nominación de colores)	50.03 (12.69 6)	47 (13)	33-80			
Con trastorno de la lectura (nominación total)	278.40 (169.9 59)	235 (117)	134- 1097	U=150.5	<.001	g=.809
Sin trastorno de la lectura (nominación total)	178.03 (45.25 0)	169 (45)	122- 342			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges.

Con relación a la velocidad de denominación, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los sub-ítems: nominación de objetos ($U=186$, $p<.001$, g de Hedges=.852), nominación de letras ($U=136$, $p<.001$, g de Hedges=.707), nominación de números ($U=209.5$, $p<.001$, g de Hedges=.839), y la nominación de colores ($U=215$, $p<.001$, g de Hedges=.690); y en la sumatoria total ($U=150.5$, $p<.001$, g de Hedges=.809). Es importante mencionar que, en todas las mediciones, el grupo sin TL presenta un mejor rendimiento.

5.4.1. Rendimiento lingüístico: fluidez fonológica verbal

En la Tabla 9 se pueden observar los puntajes obtenidos por los participantes para las tareas de fluidez fonológica, tanto de manera individual como considerando la sumatoria total.

Tabla 9.

Rendimiento de la fluidez fonológica de los grupos estudiados.

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín-Max	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (fonema /f/)	5.33 (3.220)	5 (4)	0-13	t(60)=-3.71	<.001	d=-.857
Sin trastorno de la lectura (fonema /f/)	8.31 (3.702)	7.5 (5)	1-15			
Con trastorno de la lectura (fonema /a/)	6.97 (3.439)	7.5 (5)	1-15	t(60)=-3.68	<.001	d=-.935
Sin trastorno de la lectura (fonema /a/)	10.09 (3.236)	10 (6)	4-15			

Con trastorno de la lectura (fonema /s/)	5.43 (3.093)	5 (4)	1-14	U=227	<.001	g= -.969
Sin trastorno de la lectura (fonema /s/)	9.16 (4.363)	8.5 (5)	2-18			
Con trastorno de la lectura (fluidez total)	17.57 (7.968)	17 (8)	5-40	t(60)= -4.33	<.001	d= -1.101
Sin trastorno de la lectura (fluidez total)	27.47 (9.850)	26 (12)	7-46			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *t*: prueba t de Student; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *d*: d de Cohen; *g*: g de Hedges.

Con relación a la fluidez fonológica, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los fonemas: /f/ ($t_{(60)}=-3.71$, $p<.001$, $d=-.857$), /a/ ($t_{(60)}=-3.68$, $p<.001$, $d=-.935$), /s/ ($U=227$, $p<.001$, g de Hedges=-.969) y en la sumatoria total ($t_{(60)}=-4.33$, $p<.001$, $d=-1.101$). Es importante mencionar que, en todas las mediciones, el grupo sin TL presenta un mejor rendimiento.

5.4.2. Rendimiento lingüístico: velocidad lectora

En la Tabla 10 se puede observar tanto la cantidad de palabras alcanzadas por los participantes al leer durante un minuto el texto fonéticamente balanceado, como los errores cometidos.

Tabla 10.

Velocidad lectora y errores en la lectura de los grupos estudiados.

Grupo	Media (D.E.)	Media na (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (velocidad lectora)	85.53 (47.28)	96.5 (90)	2-151			
Sin trastorno de la lectura (velocidad lectora)	166.13 (37.72)	174 (59)	83-231	U=80.5	<.001	g= -1.868
Con trastorno de la lectura (número de errores)	4.37 (4.75)	3.0 (6)	0-22			
Sin trastorno de la lectura (número de errores)	1.88 (1.08)	2.0 (3)	0-7	U=321	=.023	g= .724

D.E.: Desviación estándar; *RIQ:* Rango intercuartil; *Mín:* valor mínimo; *Máx:* Valor máximo; *Estad:* estadístico de contraste; *U:* prueba U de Mann-Whitney; *p:* valor de significancia estadística; *TE:* tamaño del efecto; *g:* g de Hedges.

Tanto para la velocidad lectora ($U=80.5$, $p<.001$, g de Hedges=-1.868) como para la cantidad de errores obtenidos durante la lectura ($U=321$, $p=.023$, g de Hedges=.724), se obtienen diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo sin TL.

5.5.1. Rendimiento electrofisiológico: ondas theta

En la Tabla 11 se puede observar la amplitud de la onda theta de los electrodos F7 y T7, correspondientes al lóbulo frontal izquierdo y lóbulo temporal izquierdo respectivamente, y a los electrodos F8 y T8, correspondientes al lóbulo frontal derecho y lóbulo temporal derecho respectivamente. Es importante

mencionar que la unidad de medida en todas las ondas cerebrales corresponde a los microvoltios al cuadrado o μV^2 .

Tabla 11.

Promedio de onda theta en los participantes (medida en μV^2).

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (F7)	14.203 (34.622)	5.358 (8.312)	.780- 194.380	U=395	=.231	g=-.013
Sin trastorno de la lectura (F7)	14.560 (18.544)	7.590 (12.287)	1.486- 85.741			
Con trastorno de la lectura (T7)	2.805 (3.745)	1.367 (1.898)	.414- 15.789	U=453	=.704	g=.059
Sin trastorno de la lectura (T7)	2.577 (3.933)	1.554 (1.579)	.333- 22.589			
Con trastorno de la lectura (F8)	9.777 (8.174)	7.672 (5.905)	3.428- 40.030	U=340	=.049	g=.312
Sin trastorno de la lectura (F8)	14.618 (19.763)	8.953 (7.463)	4.011- 115.573			
Con trastorno de la lectura (T8)	5.618 (1.711)	5.155 (1.943)	2.519- 9.653	U=275	=.004	g=-.389
Sin trastorno de la lectura (T8)	11.943 (22.291)	7.563 (5.625)	3.636- 132.584			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ:* Rango intercuartil; *Mín:* valor mínimo; *Máx:* Valor máximo; *Estad:* estadístico de contraste; *U:* prueba U de Mann-Whitney; *p:* valor de significancia estadística; *TE:* tamaño del efecto; *g:* g de Hedges; *F7:* electrodo ubicado en el frontal izquierdo; *F8:* electrodo ubicado en el frontal derecho; *T7:* electrodo ubicado en el temporal izquierdo; *T8:* electrodo ubicado en el temporal derecho.

En relación con la amplitud de la onda theta durante la lectura, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede a realizar estadística no paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos en

los cuatro electrodos, determinando que no existen diferencias estadísticamente significativas tanto para el electrodo F7 ($U=395$, $p=.231$, g de Hedges $=-.013$). como el T7 ($U=453$, $p=.704$, g de Hedges $=.059$). Sin embargo, sí se evidencian diferencias estadísticamente significativas para el electrodo F8, con una menor amplitud para el grupo con TL ($U=340$, $p=.049$, g de Hedges $=-.312$) y T8 ($U=275$, $p=.004$, g de Hedges $=-.389$).

5.5.2. Rendimiento electrofisiológico: ondas alfa

En la Tabla 12 se puede observar la amplitud de la onda alfa de los electrodos F7 y T7, correspondientes al lóbulo frontal izquierdo y lóbulo temporal izquierdo respectivamente, y a los electrodos F8 y T8, correspondientes al lóbulo frontal derecho y lóbulo temporal derecho respectivamente.

Tabla 12.

Promedio de onda alfa en los participantes (medida en μV^2).

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín-Max	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (F7)	3.073 (4.175)	1.894 (2.516)	.332-23.038	U=445.5	=.627	g=.126
Sin trastorno de la lectura (F7)	2.662 (1.974)	2.058 (2.212)	.392-8.058			
Con trastorno de la lectura (T7)	1.027 (1.064)	0.603 (0.830)	.247-5.459	U=462.5	=.805	g=.176
Sin trastorno de la lectura (T7)	.860 (.801)	0.654 (0.515)	.166-4.508			

Con trastorno de la lectura (F8)	3.150 (1.663)	2.791 (2.177)	1.250- 8.873	U=376	=.143	g=-.314
Sin trastorno de la lectura (F8)	4.659 (6.408)	2.972 (2.341)	1.622- 38.781			
Con trastorno de la lectura (T8)	2.896 (1.699)	2.498 (1.844)	0-22	U=381	=.163	g=-.274
Sin trastorno de la lectura (T8)	4.472 (7.715)	2.751 (2.432)	0-7			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges; *F7*: electrodo ubicado en el frontal izquierdo; *F8*: electrodo ubicado en el frontal derecho; *T7*: electrodo ubicado en el temporal izquierdo; *T8*: electrodo ubicado en el temporal derecho.

En relación con la amplitud de la onda alfa durante la lectura, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede a realizar estadística no paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos en los cuatro electrodos, encontrando que no existirían diferencias estadísticamente en los mismos: F7 ($U=445.5$, $p=.627$, g de Hedges=.126), T7 ($U=462.5$, $p=.805$, g de Hedges=.176), F8 ($U=376$, $p=.143$, g de Hedges=-.314) y T8 ($U=381$, $p=.163$, g de Hedges=-.274).

5.5.3. Rendimiento electrofisiológico: ondas beta

En la Tabla 13 se puede observar la amplitud de la onda beta 1 de los electrodos F7 y T7, correspondientes al lóbulo frontal izquierdo y lóbulo temporal izquierdo respectivamente, y a los electrodos F8 y T8, correspondientes al lóbulo frontal derecho y lóbulo temporal derecho respectivamente.

Tabla 13.

Promedio de onda beta 1 en los participantes (medida en μV^2).

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (F7)	1.301 (.804)	1.085 (.838)	.361- 3.670	U=429	=.473	g=.324
Sin trastorno de la lectura (F7)	1.081 (.516)	1.043 (.680)	.259- 2.639			
Con trastorno de la lectura (T7)	.870 (.625)	.672 (.831)	.151- 2.689	U= 409.5	=.321	g=.291
Sin trastorno de la lectura (T7)	.706 (.484)	.552 (.779)	.131- 2.060			
Con trastorno de la lectura (F8)	1.809 (.836)	1.605 (1.126)	.720- 3.779	U= 428.5	=.468	g=-.239
Sin trastorno de la lectura (F8)	2.255 (2.437)	1.786 (.952)	.798- 15.099			
Con trastorno de la lectura (T8)	2.078 (1.595)	1.619 (1.251)	.790- 8.835	U=376	=.143	g=-.223
Sin trastorno de la lectura (T8)	2.594 (2.779)	1.995 (1.323)	.892- 17.047			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges; *F7*: electrodo ubicado en el frontal izquierdo; *F8*: electrodo ubicado en el frontal derecho; *T7*: electrodo ubicado en el temporal izquierdo; *T8*: electrodo ubicado en el temporal derecho.

Con relación a la amplitud de la onda beta 1 durante la lectura, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede a realizar estadística no paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos en los cuatros electrodos, hallando que no existirían diferencias estadísticamente en los mismos: F7 ($U=429$, $p=.473$, g de Hedges=.324), T7 ($U=409.5$, $p=.321$, g de Hedges=.291), F8 ($U=428.5$, $p=.468$, g de Hedges=-.239) y T8 ($U=376$, $p=.143$, g de Hedges=-.223).

Por otra parte, en la Tabla 14 se puede observar la amplitud de la onda beta 2 de los electrodos F7 y T7, correspondientes al lóbulo frontal izquierdo y lóbulo temporal izquierdo respectivamente, y a los electrodos F8 y T8, correspondientes al lóbulo frontal derecho y lóbulo temporal derecho respectivamente.

Tabla 14.

Promedio de onda beta 2 en los participantes (medida en μV^2).

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín- Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (F7)	.776 (.564)	.651 (.633)	.162- 3.135	U=422	=.414	g=-.098
Sin trastorno de la lectura (F7)	.827 (.464)	.647 (.623)	.223- 2.184			
Con trastorno de la lectura (T7)	.929 (.864)	.655 (1.044)	.100- 3.747	U= 461.5	=.794	g=.012
Sin trastorno de la lectura (T7)	.919 (.831)	.634 (1.358)	.054- 2.720			
Con trastorno de la lectura (F8)	1.071 (.450)	.928 (.651)	.493- 2.218	U=319	=.023	g=-.587
Sin trastorno de la lectura (F8)	1.446 (.762)	1.268 (.864)	.595- 4.066			
Con trastorno de la lectura (T8)	1.355 (.959)	.981 (1.147)	.532- 5.048	U=311	=.017	g=-.540
Sin trastorno de la lectura (T8)	1.993 (1.331)	1.565 (1.602)	.530- 6.913			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Mín*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estad*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges; *F7*: electrodo ubicado en el frontal izquierdo; *F8*: electrodo ubicado en el frontal derecho; *T7*: electrodo ubicado en el temporal izquierdo; *T8*: electrodo ubicado en el temporal derecho.

En relación con la amplitud de la onda beta 2 durante la lectura, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede a realizar estadística no paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos en los cuatros electrodos, determinando que no existirían diferencias estadísticamente significativas tanto para el electrodo F7 ($U=422$, $p=.414$, g de Hedges $=-.098$) como el T7 ($U=461.5$, $p=.794$, g de Hedges $=.012$). Sin embargo, sí se evidenciarían diferencias estadísticamente significativas para el electrodo F8, encontrándose menor amplitud de onda beta 2 para el grupo con TL ($U=319$, $p=.023$, g de Hedges $=-.587$) y T8 ($U=311$, $p=.017$, g de Hedges $=-.540$).

5.5.4. Rendimiento electrofisiológico: ondas gamma

En la Tabla 15 se puede observar la amplitud de la onda gamma de los electrodos F7 y T7, correspondientes al lóbulo frontal izquierdo y lóbulo temporal izquierdo respectivamente, y a los electrodos F8 y T8, correspondientes al lóbulo frontal derecho y lóbulo temporal derecho respectivamente.

Tabla 15.

Promedio de onda gamma en los participantes (medida en μV^2).

Grupo	Media (D.E.)	Mediana (RIQ)	Mín-Máx	Estad	p	TE
Con trastorno de la lectura (F7)	.661 (.627)	.449 (.649)	.117- 2.996	U=358	=.086	g=-.20
Sin trastorno de la lectura (F7)	.793 (.672)	.704 (.683)	.163- 3.818			

Con trastorno de la lectura (T7)	.860 (.768)	.590 (.935)	.083- 2.965	U= 479.5	=.994	g=-.126
Sin trastorno de la lectura (T7)	.974 (.998)	.545 (1.175)	.073- 4.436			
Con trastorno de la lectura (F8)	.776 (.441)	.635 (.584)	.267- 2.027	U= 303.5	=.013	g=-.563
Sin trastorno de la lectura (F8)	1.190 (.915)	.956 (.881)	.349- 4.313			
Con trastorno de la lectura (T8)	1.194 (1.261)	.738 (.982)	.216- 5.953	U= 326.5	=.031	g=-.404
Sin trastorno de la lectura (T8)	1.726 (1.333)	1.395 (1.421)	.313- 5.124			

D.E.: Desviación estándar; *RIQ*: Rango intercuartil; *Min*: valor mínimo; *Máx*: Valor máximo; *Estat*: estadístico de contraste; *U*: prueba U de Mann-Whitney; *p*: valor de significancia estadística; *TE*: tamaño del efecto; *g*: g de Hedges; *F7*: electrodo ubicado en el frontal izquierdo; *F8*: electrodo ubicado en el frontal derecho; *T7*: electrodo ubicado en el temporal izquierdo; *T8*: electrodo ubicado en el temporal derecho.

En relación con la amplitud de la onda gamma durante la lectura, y de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad, se procede a realizar estadística no paramétrica para la comparación de medias de ambos grupos en los cuatros electrodos, determinando que no existirían diferencias estadísticamente significativas tanto para el electrodo F7 ($U=358$, $p=.086$, g de Hedges=-.20) como el T7 ($U=479.5$, $p=.994$, g de Hedges=-.126). Sin embargo, sí se evidenciarían diferencias estadísticamente significativas para el electrodo F8 ($U=303.5$, $p=.013$, g de Hedges=-.563) y T8 ($U=326.5$, $p=.031$, g de Hedges=-.404), encontrándose menor amplitud de onda en el grupo con TL.

Finalmente, y, a modo de resumen, se presentan de manera esquemática en la Tabla 16 y Tabla 17 aquellas ondas cerebrales que obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los electrodos estudiados. Es importante destacar que en aquellas frecuencias en las que se presentaron estas

diferencias, siempre el grupo con trastorno de la lectura era el que manifestaba una menor amplitud de onda.

Tabla 16.

Resumen de las ondas cerebrales con diferencias estadísticamente significativas.

Electrodo	Theta	Alfa	Beta 1	Beta 2	Gamma
F7	x	x	x	x	x
T7	x	x	x	x	x
F8	✓	x	x	✓	✓
T8	✓	x	x	✓	✓

Tabla 17.

Resumen de los p valor y tamaños del efecto de los electrodos con ondas cerebrales que presentan diferencias estadísticamente significativas.

Electrodo	Theta	Alfa	Beta 1	Beta 2	Gamma
F7	($p=.231$, $g=-.013$)	($p=.627$, $g=.126$)	($p=.473$, $g=.324$)	($p=.414$, $g=-.098$)	($p=.086$, $g=-.20$)
T7	($p=.704$, $g=.059$)	($p=.805$, $g=.176$)	($p=.321$, $g=.291$)	($p=.794$, $g=.012$)	($p=.994$, $g=-.126$)
F8	($p=.049$, $g=-.312$)	($p=.143$, $g=-.314$)	($p=.468$, $g=-.239$)	($p=.023$, $g=-.587$)	($p=.013$, $g=-.563$)
T8	($p=.004$, $g=-.389$)	($p=.163$, $g=-.274$)	($p=.143$, $g=-.223$)	($p=.017$, $g=-.540$)	($p=.031$, $g=-.404$)

5.6. Análisis predictivo del Trastorno de Lectura

Previo a la realización de los cálculos globales considerando todas las variables estudiadas, se realizaron regresiones logísticas binarias para determinar la contribución de cada subvariable o variable total para establecer la presencia de un trastorno de la lectura, tanto para las tareas de fluidez verbal fonológica como para las relacionadas con la nominación.

5.6.1. Capacidad predictiva de las tareas de fluidez verbal fonológica.

A continuación, se detallan los estadísticos relacionados con las tareas de fluidez verbal fonológica (/f/, /a/ y /s/), tanto de manera individual como global, y su capacidad para poder determinar la contribución para la presencia de un trastorno de la lectura. En la Tabla 18 se exponen los pasos realizados en la regresión logística binaria para llegar a la variable final.

Tabla 18.

Pasos de la regresión logística binaria para las tareas de fluidez verbal fonológica (FVF).

		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 ^a	FFV_F	.636	.681	.873	1	.350	1.890
	FFV_A	.429	.638	.452	1	.501	1.536
	FFV_S	.432	.653	.437	1	.508	1.540
	FFV_FAS	-.633	.654	.939	1	.333	.531
	Constante	2.963	.931	10.124	1	.001	19.346
Paso 2 ^a	FFV_F	.208	.210	.974	1	.324	1.231
	FFV_A	.031	.162	.037	1	.847	1.032
	FFV_FAS	-.212	.110	3.716	1	.054	.809
	Constante	2.934	.927	10.021	1	.002	18.807
Paso 3 ^a	FFV_F	.196	.201	.949	1	.330	1.217
	FFV_FAS	-.198	.083	5.741	1	.017	.821
	Constante	2.972	.909	10.686	1	.001	19.525
Paso 4 ^a	FFV_FAS	-.129	.038	11.272	1	<.001	.879
	Constante	2.777	.867	10.253	1	.001	16.063

a. Variables especificadas en el paso 1: FFV_F, FFV_A, FFV_S, FFV_FAS.

Sobre la bondad del modelo, se señala que el modelo (conjunto de variables independientes) es significativo ($X^2_{(1)}=16.976$, $p=.000$), explica entre el .240 y .319 de la variable dependiente (R^2 de Cox y Snell y R^2 de Nagelkerke,

respectivamente), y clasifica correctamente el 77.4% de los casos. Sumado a esto, tendría una sensibilidad de un 75% y una especificidad de un 80% (Tabla 19). Por tanto, se acepta el modelo. Asimismo, se concluye que la fluidez verbal fonológica total sería la que predice con mayor fuerza la presencia de un trastorno de la lectura ($\beta=-.129$; $p<.05$; $OR=.879$).

Tabla 19.

Matriz de confusión de las tareas de fluidez verbal fonológica.

		Predicho	
		Con Trastorno de Lectura	Sin Trastorno de Lectura
Observado	Con Trastorno de Lectura	24	6
	Sin Trastorno de Lectura	8	24

5.6.2. Capacidad predictiva de la nominación.

A continuación, se detallan los estadísticos relacionados con las tareas de nominación, tanto de manera individual como global, y su capacidad para poder determinar su contribución en la presencia de un trastorno de la lectura. En la Tabla 20 se exponen los pasos realizados en la regresión logística binaria para llegar a la variable final.

Tabla 20.

Pasos de la regresión logística binaria para las tareas de nominación.

		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 ^a	NOM_OBJETOS	.001	.016	.007	1	.934	1.001
	NOM_LETRAS	.148	.062	5.785	1	.016	1.160
	NOM_NÚMEROS	-.011	.071	.022	1	.882	.990
	NOM_COLORES	.007	.035	.038	1	.844	1.007
	Constante	-5.318	1.653	10.353	1	.001	.005
Paso 2 ^a	NOM_LETRAS	.150	.058	6.656	1	.010	1.162
	NOM_NÚMEROS	-.011	.070	.026	1	.871	.989
	NOM_COLORES	.008	.032	.060	1	.807	1.008
	Constante	-5.298	1.636	10.491	1	.001	.005
Paso 3 ^a	NOM_LETRAS	.145	.049	8.859	1	.003	1.156
	NOM_COLORES	.006	.029	.037	1	.848	1.006
	Constante	-5.338	1.621	10.842	1	<.001	.005
Paso 4 ^a	NOM_LETRAS	.149	.042	12.536	1	<.001	1.161
	Constante	-5.191	1.411	13.533	1	<.001	.006

a. Variables especificadas en el paso 1: NOM_OBJETOS, NOM_LETRAS, NOM_NÚMEROS, NOM_COLORES.

Sobre la bondad del modelo, se señala que el modelo es significativo ($X^2_{(1)}=28.454$, $p<.001$), explica entre el .368 y .491 de la variable dependiente (R^2 de Cox y Snell y R^2 de Nagelkerke, respectivamente), clasificando correctamente el 77.4% de los casos. Sumado a esto, tendría una sensibilidad de un 70% y una especificidad de un 84.4% (Tabla 21). Por tanto, se acepta el

modelo. Asimismo, se concluye que la nominación de letras sería la que predice significativamente la presencia de un trastorno de la lectura ($\beta=.149$; $p<.001$; $OR=1.161$).

Tabla 21.

Matriz de confusión considerando tareas denominación.

		Predicho	
		Con Trastorno de Lectura	Sin Trastorno de Lectura
Observado	Con Trastorno de Lectura	21	9
	Sin Trastorno de Lectura	5	27

5.6.3. Predicción del trastorno de la lectura a partir de procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos

A continuación, se detallan las tablas y estadísticos relacionados con las variables cognitivas (atención, memoria de trabajo y velocidad de nominación), lingüísticas (fluidez verbal fonológica) y electrofisiológicas (onda beta 2 en F8 y T8), y su capacidad para poder determinar la presencia de un TL. Solo se eligieron estos dos electrodos en las ondas beta ya que su activación estaría asociada a un esfuerzo cognitivo (Babiloni et al., 2020; Maureira et al., 2020). Además, existe evidencia previa de que estudiantes con TL presentan un patrón electroencefalográfico diferente en los mismos (Milne et al., 2003; Penolazzi et al., 2010), pudiendo incluso indicar la codificación grafo-fonética de las palabras (Klimesch et al., 2001) o una probable maduración tardía de los ritmos beta en los estudiantes con dislexia (Granados et al., 2022). En la Tabla 22 se exponen

los pasos realizados en la regresión logística binaria para llegar a las variables finales del modelo predictivo, en donde el método utilizado es el “Hacia atrás” o “*Backward*”: LR (Likelihood ratio), ya que introduce todas las variables del modelo y permite ir eliminando una a una aquellas que no son significativas, hasta llegar a la o las más predictoras.

Se decidió extraer la variable “velocidad lectora” ya que se considera una característica crucial para poder diferenciar entre escolares con y sin TL, y, además, un rendimiento deficiente sería uno de los criterios diagnósticos para poder establecer la presencia de un TL. Por su parte, para velocidad de denominación sólo se incorporó el ítem de las letras y para las tareas de fluidez verbal, la sumatoria de todos los fonemas evaluados ya que resultaron ser los más significativos para la presencia de un TL. Asimismo, se excluyeron aquellos individuos que poseían resultados inválidos en el ANT y que tuvieran una precisión inferior al 70% en la subprueba de simetría del ACCES, quedando finalmente 16 escolares con TL y 22 sin esta condición, para realizar tanto la regresión logística binaria como las redes neuronales.

Tabla 22.

Pasos de la regresión logística binaria para determinar las variables predictoras de un trastorno de la lectura.

		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 ^a	LN_ANT_AE_MEAN	-,899	1,024	,771	1	,380	,407
	LN_ANT_OE_MEAN	1,053	1,053	1,000	1	,317	2,867
	LN_ANT_CE_MEAN	-,283	1,700	,028	1	,868	,754
	TMT_A	,139	,125	1,245	1	,264	1,149
	WM_SYM_RECALL	,256	,175	2,141	1	,143	1,291
	TMT_B	-,036	,037	,921	1	,337	,965
	FFV_FAS	-,198	,121	2,689	1	,101	,820
	NOM_LETRAS	,266	,163	2,655	1	,103	1,305
	T8_BH	,871	,933	,872	1	,350	2,389
	F8_BH	-3,137	2,607	1,447	1	,229	,043
	Constante	-7,333	11,435	,411	1	,521	,001
Paso 2 ^a	LN_ANT_AE_MEAN	-,928	,993	,873	1	,350	,395
	LN_ANT_OE_MEAN	1,064	1,038	1,050	1	,306	2,897
	TMT_A	,142	,123	1,329	1	,249	1,152
	WM_SYM_RECALL	,261	,172	2,300	1	,129	1,298
	TMT_B	-,035	,037	,921	1	,337	,966
	FFV_FAS	-,199	,120	2,759	1	,097	,820
	NOM_LETRAS	,258	,153	2,849	1	,091	1,294
	T8_BH	,806	,826	,953	1	,329	2,240

	F8_BH	-3,004	2,438	1,518	1	,218	,050
	Constante	-8,496	9,042	,883	1	,347	,000
Paso 3 ^a	LN_ANT_OE_ MEAN	,574	,767	,559	1	,455	1,774
	TMT_A	,098	,106	,858	1	,354	1,103
	WM_SYM_RE CALL	,233	,155	2,267	1	,132	1,262
	TMT_B	-,027	,033	,660	1	,416	,973
	FFV_FAS	-,156	,097	2,565	1	,109	,856
	NOM_LETRAS	,220	,141	2,435	1	,119	1,246
	T8_BH	,685	,715	,920	1	,337	1,985
	F8_BH	-3,017	2,180	1,915	1	,166	,049
	Constante	-8,471	8,647	,960	1	,327	,000
Paso 4 ^a	TMT_A	,069	,094	,534	1	,465	1,071
	WM_SYM_RE CALL	,187	,132	2,003	1	,157	1,206
	TMT_B	-,023	,030	,594	1	,441	,977
	FFV_FAS	-,164	,098	2,828	1	,093	,849
	NOM_LETRAS	,191	,125	2,340	1	,126	1,211
	T8_BH	,451	,636	,503	1	,478	1,570
	F8_BH	-2,503	1,894	1,745	1	,186	,082
	Constante	-4,034	5,811	,482	1	,488	,018
Paso 5 ^a	TMT_A	,073	,094	,609	1	,435	1,076
	WM_SYM_RE CALL	,170	,130	1,722	1	,189	1,186
	TMT_B	-,022	,032	,478	1	,489	,978
	FFV_FAS	-,164	,096	2,920	1	,087	,849
	NOM_LETRAS	,182	,125	2,132	1	,144	1,200
	F8_BH	-1,553	1,208	1,653	1	,199	,212
	Constante	-3,921	5,815	,455	1	,500	,020

Paso 6 ^a	TMT_A	,041	,082	,255	1	,613	1,042
	WM_SYM_RE CALL	,180	,130	1,909	1	,167	1,197
	FFV_FAS	-,156	,095	2,699	1	,100	,856
	NOM_LETRAS	,134	,092	2,111	1	,146	1,143
	F8_BH	-1,491	1,141	1,707	1	,191	,225
	Constante	-3,241	5,677	,326	1	,568	,039
Paso 7 ^a	WM_SYM_RE CALL	,164	,127	1,670	1	,196	1,178
	FFV_FAS	-,171	,093	3,378	1	,066	,843
	NOM_LETRAS	,135	,091	2,226	1	,136	1,145
	F8_BH	-1,484	1,132	1,721	1	,190	,227
	Constante	-1,687	4,816	,123	1	,726	,185
Paso 8 ^a	FFV_FAS	-,184	,093	3,893	1	,048	,832
	NOM_LETRAS	,092	,073	1,606	1	,205	1,096
	F8_BH	-1,322	1,028	1,652	1	,199	,267
	Constante	2,398	3,759	,407	1	,523	11,001
Paso 9 ^a	FFV_FAS	-,187	,094	3,985	1	,046	,829
	NOM_LETRAS	,078	,064	1,507	1	,220	1,081
	Constante	1,337	3,440	,151	1	,698	3,807
Paso 10 ^a	FFV_FAS	-,257	,088	8,507	1	,004	,773
	Constante	5,431	1,912	8,065	1	,005	228,451

Variables especificadas en el paso 1: LN_ANT_AE_MEAN, LN_ANT_OE_MEAN, LN_ANT_CE_MEAN, TMT_A, WM_SYM_RECALL, TMT_B, FFV_FAS, NOM_LETRAS, T8_BH, F8_BH.

Nomenclatura: *FFV_FAS*: Sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica; *NOM_LETRAS*: Velocidad de nominación de letras; *TMT_A*: Trail Making Test, versión A; *TMT_B*: Trail Making Test, versión B; *F8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F8; *LN_ANT_OE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de orientación; *T8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T8; *LN_ANT_AE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de alerta; *WM_SYM_RECALL*: Recuerdos correctos de patrones simétricos para evaluar la memoria de trabajo; *LN_ANT_CE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de conflicto.

Sobre la bondad del modelo, se señala que el modelo es significativo ($X^2_{(1)}=20.621$, $p<.000$), explica entre el .419 y .563 de la variable dependiente (R^2 de Cox y Snell y R^2 de Nagelkerke, respectivamente), clasificando correctamente el 84,2% de los casos (Tabla 23). Sumado a esto, tendría una sensibilidad de un 81,3% y una especificidad de un 86,4%. Por tanto, se acepta el modelo.

Tabla 23.

Matriz de confusión de la regresión logística binaria.

		Predicho	
		Con Trastorno de Lectura	Sin Trastorno de Lectura
Observado	Con Trastorno de Lectura	13	3
	Sin Trastorno de Lectura	3	19

Por otra parte, se concluye que, de todas las variables analizadas, la sumatoria de las tareas de fluidez verbal predecirían la presencia de un TL ($\beta=-.257$; $p<.05$; $OR=.773$).

5.6.4. Análisis de redes neuronales (ANN)

El análisis por redes neuronales (ANN, por sus siglas en inglés), fue utilizado para clasificar entre el grupo con y sin un trastorno de la lectura (TL). Como variables predictoras se utilizaron las mismas variables utilizadas en la regresión logística binaria total, es decir, atención, memoria de trabajo, velocidad de denominación, fluidez fonológica y ondas cerebrales beta de los electrodos

T8 y F8. Asimismo, se mantuvieron los 16 escolares con TL y los 22 sin este trastorno utilizados en la regresión logística. El ANN se desarrolló en dos fases: una de entrenamiento, en la cual incluyó un 68.4% de los participantes ($n= 26$), de los cuales el 46.15% tenía el diagnóstico de TL ($n= 12$); y una de pruebas, en la que fueron partícipes el 31.6% de los individuos ($n= 12$), de los cuales el 33.33% poseía el diagnóstico de TL ($n= 4$). Durante la fase de entrenamiento, el modelo ajustó sus parámetros mediante retropropagación, alcanzando un error de entropía cruzada de 11.486 y una tasa de pronósticos incorrectos del 23.1% (Tabla 24) (es importante mencionar que la entropía cruzada evalúa tanto si las predicciones efectuadas fueron correctas, como el nivel de certeza con que fueron realizadas, en donde un valor alto indicaría, a priori, que el modelo cometió errores o que sus predicciones fueron poco confiables). La regla de “parada” se activó tras un paso consecutivo sin disminución del error, y el tiempo total de entrenamiento fue de 0:00:00,00. Asimismo, para la capa de salida se utilizó la función de activación *softmax*, lo que permitió probabilidades normalizadas para cada clase. Por otra parte, en la fase de prueba se evaluó la capacidad de generalización del modelo sobre datos no vistos, manteniendo la configuración de arquitectura y funciones de activación. En este punto, el rendimiento mejoró, registrando un error de entropía cruzada de 4.213 y una tasa de error del 16.7%, lo que sugiere una adecuada discriminación entre clases y una baja probabilidad de sobreentrenamiento (Tabla 24). Es decir, la disminución tanto en el error de entropía cruzada como en el porcentaje de pronósticos incorrectos en la fase de pruebas sugiere que el modelo generaliza bien a datos no vistos, indicando un buen rendimiento y capacidad de predicción. Finalmente,

en la Tabla 25 se incluyen los otros hiperparámetros utilizados en el desarrollo de la red neuronal de la presente investigación.

Tabla 24.

Resumen del modelo de redes neuronales.

Resumen del modelo		
Entrenamiento	Error de entropía cruzada	11.486
	% de pronósticos incorrectos	23.1%
	Regla de parada utilizada	1 paso(s) consecutivo(s) sin disminución del error
	Tiempo de entrenamiento	0:00:00.0
Pruebas	Error de entropía cruzada	4.231
	% de pronósticos incorrectos	16.7%

Tabla 25.

Resumen de hiperparámetros utilizados en el modelo de redes neuronales.

Capa de entrada	Número de unidades	10
	Método de cambio de escala	Normalizada

Capas ocultas	Número de capas ocultas	1
	Número de unidades en la capa oculta	1
	Función de activación	Tangente hiperbólica
	Error de entropía cruzada	4.231
Capa de salida	Variables dependientes	1
	Número de unidades	2
	Función de activación	Softmax
	Función de error	Entropía cruzada

Por otra parte, en la Tabla 26 y Tabla 27 se presentan respectivamente tanto la matriz de confusión de la fase de entrenamiento como los resultados de precisión, sensibilidad y especificidad de esta fase. Para la pesquisa de sujetos con trastorno de la lectura, se obtiene una precisión (*precision*) del 87.5% y una sensibilidad (*recall*) del 58.3%. Asimismo, la especificidad (*specificity*) fue de un 92.9%.

Tabla 26.

Matriz de confusión de la fase de entrenamiento de la ANN.

		Predicho	
		Con Trastorno de Lectura	Sin Trastorno de Lectura
Observado	Con Trastorno de Lectura	7	5
	Sin Trastorno de Lectura	1	13

Tabla 27.

Precision, recall y specificity de la fase de entrenamiento de la ANN.

	Precision	Recall	Specificity
Con_Tno_Lectura	87.5%	58.3%	92.9%
Sin_Tno_Lectura	72.2%	92.9%	58.3%

Asimismo, en Tabla 28 se muestra la matriz de confusión de la fase de pruebas de la ANN. Sumado a esto, en la Tabla 29 se exhiben los resultados obtenidos en esta fase para la precisión (*precision*), la sensibilidad (*recall*) y la especificidad (*specificity*), determinando que, para la identificación de sujetos con trastorno de la lectura, tanto la precisión como la sensibilidad serían de un 75%. Por su parte, la especificidad sería de un 87.5%.

Tabla 28.

Matriz de confusión de la fase de pruebas de la ANN.

		Predicho	
		Con Trastorno de Lectura	Sin Trastorno de Lectura
Observado	Con Trastorno de Lectura	3	1
	Sin Trastorno de Lectura	1	7

Tabla 29.

Precision, recall y specificity de la fase de pruebas de la ANN.

	Precision	Recall	Specificity
Con_Tno_Lectura	75%	75%	87.5%
Sin_Tno_Lectura	87.5%	87.5%	75%

Los resultados muestran que el modelo tiene una alta precisión y recall para la clasificación de casos sin trastorno de la lectura, evidenciado tanto en la fase de entrenamiento como de pruebas. Sin embargo, y aunque los porcentajes para la clasificación de individuos con trastorno de la lectura sean inferiores, éstos alcanzan valores aceptables, especialmente en la fase de pruebas. Por otra parte, la exactitud global o *accuracy* (número de predicciones correctas de los verdaderos positivos y los verdaderos negativos) para la fase de entrenamiento es de un 76.9% y para la fase de pruebas de un 83.3%, lo que demostraría que la red neuronal tendría un buen rendimiento en general. Del mismo modo, la macro precision, el macro recall y la macro specificity para la fase de entrenamiento fueron de 79.85%, 75.6% y 75.6%, respectivamente, y, para la fase de pruebas, todos fueron de 81.25%.

Con relación al área bajo la curva (AUC) (Tabla 30), se obtienen valores de .901 para ambas categorías, lo que indicaría que el modelo tiene una muy buena capacidad de discriminación entre escolares con y sin un trastorno lector. Asimismo, en la Figura 9 se presenta el gráfico del AUC.

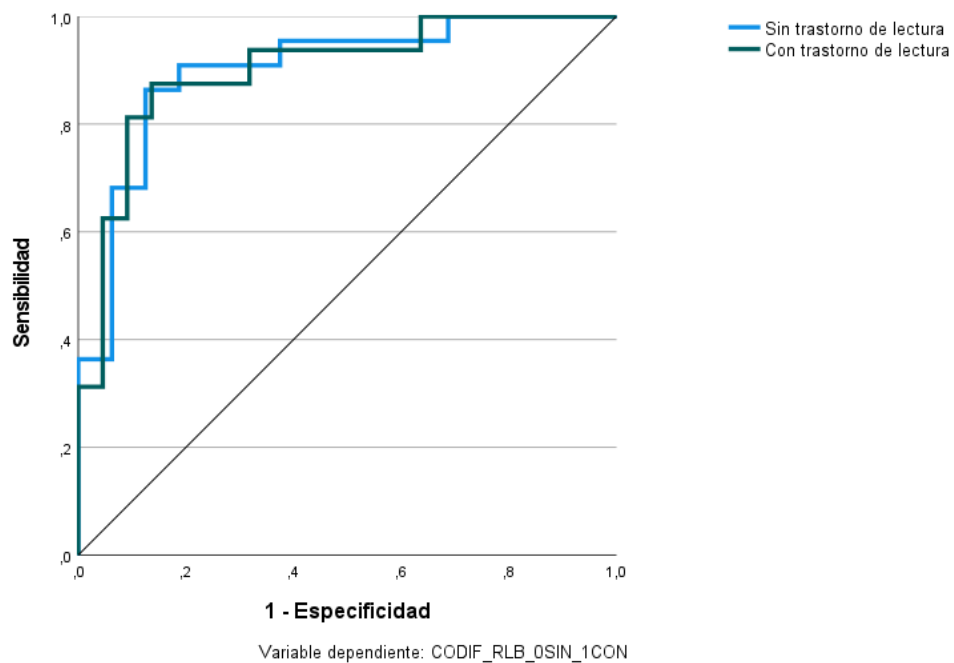
Tabla 30.

Área bajo la curva del modelo.

Área bajo la curva	
Con_Tno_Lectura	.901
Sin_Tno_Lectura	.901

Figura 9.

Gráfico del área bajo la curva del modelo.



Por su parte, en la Tabla 31 se muestran los pesos predictivos de las variables input que se utilizaron para realizar el ANN. La columna “Importancia” se puede interpretar como el peso predictivo real de cada variable, y la columna “Importancia normalizada” representa el porcentaje de peso predictivo para cada variable (en cada análisis de grupo) con respecto a la variable con mayor peso predictivo para el grupo en cuestión, a la que se le asigna un 100% (Musso et al., 2013).

Tabla 31.

Importancia relativa de las variables predictoras incluidas en el ANN.

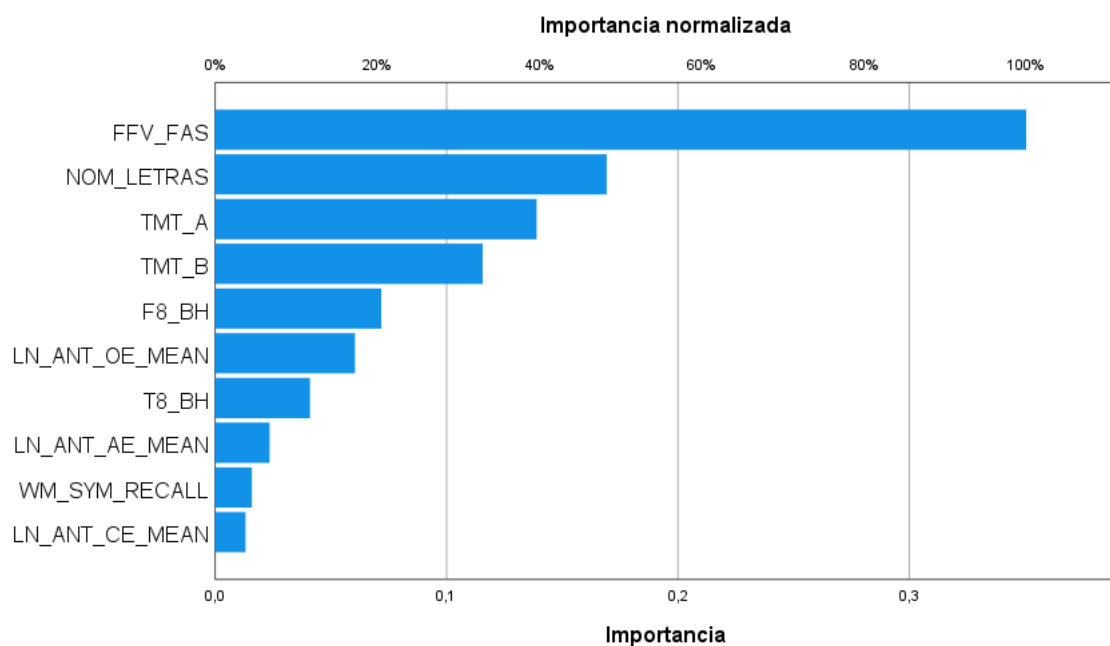
	Importancia	Importancia (%)	Importancia normalizada
FFV_FAS	.351	35.1%	100.0%
NOM_LETRAS	.169	16.9%	48.3%
TMT_A	.139	13.9%	39.6%
TMT_B	.116	11.6%	33.0%
F8_BH	.072	7.2%	20.5%
LN_ANT_OE_MEAN	.060	6.0%	17.2%
T8_BH	.041	4.1%	11.7%
LN_ANT_AE_MEAN	.024	2.4%	6.7%
WM_SYM_RECALL	.016	1.6%	4.5%
LN_ANT_CE_MEAN	.013	1.3%	3.7%

FFV_FAS: Sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica; *NOM_LETRAS*: Velocidad de nominación de letras; *TMT_A*: Trail Making Test, versión A; *TMT_B*: Trail Making Test, versión B; *F8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F8; *LN_ANT_OE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de orientación; *T8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T8; *LN_ANT_AE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de alerta; *WM_SYM_RECALL*: Recuerdos correctos de patrones simétricos para evaluar la memoria de trabajo; *LN_ANT_CE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de conflicto.

Las variables más importantes para predecir la presencia de un TL fueron, en orden descendente, la sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica, la velocidad de nominación de letras, la atención, la memoria de trabajo y la onda beta 2 en el electrodo F8 (Figura 10).

Figura 10.

Orden descendente de las variables independientes de las ANN.



FFV_FAS: Sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica; *NOM_LETRAS*: Velocidad de nominación de letras; *TMT_A*: Trail Making Test, versión A; *TMT_B*: Trail Making Test, versión B; *F8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F8; *LN_ANT_OE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de orientación; *T8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T8; *LN_ANT_AE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de alerta; *WM_SYM_RECALL*: Recuerdos correctos de patrones simétricos para evaluar la memoria de trabajo; *LN_ANT_CE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de conflicto.

Por otra parte, se aplicó la corrección por multiplicidad con el método de Tasa de Falsos Descubrimientos o *False Discovery Rate* (FDR) de Benjamini-Hochberg, con un umbral de significancia ajustado a $Q = 0.05$, para reducir el error de Tipo I y, así, poder controlar los falsos positivos de los resultados que fueron considerados significativos, permitiendo un máximo del 5% (Tabla 32).

Tabla 32.

Corrección de valores p mediante el procedimiento de Benjamini-Hochberg.

Variable	Valor p original	Valor p ajustado (BH)
FFV_FAS	0.000	0.000
FFV_A	0.000	0.000
FFV_S	0.000	0.000
NOM_OBJ	0.000	0.000
NOM_NUM	0.000	0.000
NOM_LETRAS	0.000	0.000
NOM_COL	0.000	0.000
NOM_TOTAL	0.000	0.000
TMT_A	0.000	0.000
TMT_B	0.000	0.000
FFV_F	0.001	0.003
T8_THETA	0.004	0.013
F8_GAMMA	0.013	0.035
T8_BH	0.017	0.046
F8_BH	0.023	0.054
T8_GAMMA	0.031	0.068
F8_ALFA	0.143	0.294
T8_BL	0.143	0.294
LN_ANT_AE_MEAN	0.152	0.294

T8_ALFA	0.163	0.294
F7_THETA	0.231	0.385
T7_BL	0.321	0.536
F7_BH	0.414	0.629
F8_BL	0.468	0.673
F7_BL	0.473	0.673
F7_ALFA	0.627	0.838
LN_ANT_CE_MEAN	0.645	0.838
T7_THETA	0.704	0.838
T7_BH	0.794	0.838
WM_SYM_RECALL	0.798	0.838
T7_ALFA	0.805	0.838
F7_GAMMA	0.86	0.896
LN_ANT_OE_MEAN	0.857	0.896
F8_THETA	0.49	0.896
T7_GAMMA	0.994	0.994

FFV_FAS: Sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica; *FFV_A*: Fluidez verbal fonológica con el fonema /a/; *FFV_S*: Fluidez verbal fonológica con el fonema /s/; *NOM_OBJ*: Velocidad de nominación de objetos; *NOM_NUM*: Velocidad de nominación de números; *NOM_LETRAS*: Velocidad de nominación de letras; *NOM_COL*: Velocidad de nominación de colores; *NOM_TOTAL*: Sumatoria de las tareas de nominación; *TMT_A*: Trail Making Test, versión A; *TMT_B*: Trail Making Test, versión B; *FFV_F*: Fluidez verbal fonológica con el fonema /f/; *T8_THETA*: Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo T8; *F8_GAMMA*: Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo F8; *T8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T8; *F8_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F8; *T8_GAMMA*: Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo T8; *F8_ALFA*: Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo F8; *T8_BL*: Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo T8; *LN_ANT_AE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de alerta; *T8_ALFA*: Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo T8; *F7_THETA*: Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo F7; *T7_BL*: Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo T7; *F7_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo F7; *F8_BL*: Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo F8; *F7_BL*: Carga eléctrica de la onda beta 1 en el electrodo F7; *F7_ALFA*: Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo F7; *LN_ANT_CE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de conflicto; *T7_THETA*: Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo T7; *T7_BH*: Carga eléctrica de la onda beta 2 en el electrodo T7; *WM_SYM_RECALL*: Recuerdos correctos de patrones simétricos para evaluar la memoria de trabajo; *T7_ALFA*: Carga eléctrica de la onda alfa en el electrodo T7; *F7_GAMMA*: Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo F7; *LN_ANT_OE_MEAN*: Logaritmo natural de la media del efecto de la red de orientación; *F8_THETA*: Carga eléctrica de la onda theta en el electrodo F8; *T7_GAMMA*: Carga eléctrica de la onda gamma en el electrodo T7.

Como se observa en la Tabla 32, tras aplicar el procedimiento de Benjamini-Hochberg, se mantuvo la significancia estadística en la mayoría de las variables ya que el valor p ajustado fue igual o inferior al umbral $Q= 0.05$, lo que indicaría una robustez en los resultados. Sin embargo, hubo dos variables cuyo valor p original era superior al 0.023 y que tras el ajuste de multiplicidad fueron descartadas (F8_BH y T8_Gamma), debido a que su p ajustado superaba el umbral establecido de 0.05. Esta depuración evidencia la presencia de posibles falsos positivos en los resultados iniciales, lo que subraya la importancia de controlar el error Tipo I en estudios con múltiples variables.

5.7. Valores normativos preliminares de la onda beta

De acuerdo con los resultados emanados de la capacidad predictiva de las variables en estudio, en relación con las redes neuronales, se decide proponer un puntaje de corte preliminar para la variable “beta 2 en el electrodo F8” con base a la distribución por cuartiles del grupo que no posee un TL, a través de la utilización del percentil 25 (P25) (Tabla 33).

Tabla 33.

Percentiles de la variable beta 2 en el electrodo F8.

Grupo	<i>n</i>	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Sin trastorno de la lectura	32	.62	.74	.91	1.27	1.77	2.41	3.53

Al analizar los datos de la tabla, se sugiere que una amplitud igual o inferior a $.91 \mu V^2$ (P25) en la onda beta 2 del electrodo F8, podría ser un marcador electrofisiológico útil para considerar en el posible diagnóstico del Trastorno de Lectura, teniendo en cuenta que en estadística el P25 está asociado a un desempeño muy bajo en comparación al resto de sus pares, en donde un valor sobre este cuartil se encontraría “normal” o adecuado (Aragón, 2004). Del mismo modo, para el establecimiento de valores normativos aceptables para fines diagnósticos utilizando un EEG, se recomienda un $n= 30$ individuos (Wood et al., 2024).

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

6.1 Trastorno de la lectura y procesos cognitivos

En cuanto al primer objetivo específico relacionado con determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento cognitivo entre los escolares con y sin trastorno de lectura (TL), se ha encontrado que, en las pruebas de papel y lápiz, habría diferencias estadísticamente significativas en la atención, memoria de trabajo y velocidad de denominación de letras. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en estos procesos cognitivos al utilizar las pruebas computarizadas. Una posible explicación de este hallazgo podría atribuirse a las diferentes demandas cognitivas de ambos tipos de tarea. En primer lugar, las tareas computarizadas demandan componentes más básicos del procesamiento cognitivo durante un mayor tiempo resultando quizás más complejas para ambos grupos de niños, con o sin un diagnóstico de trastorno de lectura. En segundo lugar, si se comparan específicamente los puntajes obtenidos entre el ANT (computarizado) y el TMT-A (lápiz y papel) para evaluar la atención, los niños con TL se vieron perjudicados en la segunda tarea por la mayor demanda de búsqueda visual seriada y velocidad viso-perceptiva que implica dicho test. En cambio, el Test de redes atencionales (ANT) demanda componentes más básicos de la atención, como la alerta, orientación y el control ejecutivo (Musso et al., 2019) y no lograría capturar el componente serial de la atención visual más estrechamente ligado a la lectura. Por otra parte, si se contrastan los resultados obtenidos por el TMT-B (lápiz y papel) y el ACCES

Symmetry Span (computarizado), las diferencias también podrían deberse al tipo de tarea empleada, ya que en el TMT-B se utilizan de manera intercalada números y letras, necesitando para ello de una buena capacidad para procesar múltiples estímulos visuales en paralelo. Estos hallazgos podrían alinearse con la hipótesis del déficit de amplitud de la atención visual (Bosse et al., 2007): la amplitud del foco atencional visual y la capacidad de procesar en paralelo (o de forma serial) varios elementos, se ha implicado en la dislexia, y explicaría una varianza única en lectura, independiente de la fonología. Sumado a lo anterior, el déficit ejecutivo y, por ende, de la memoria de trabajo, podrían ser secundarios a una limitación en el procesamiento fonológico (Schuchardt et al., 2008), el cual es el principal precursor de la lectura y una de las fallas principales de la dislexia (Luniewska et al., 2019; Parrila et al., 2020). Además, es necesario tener en cuenta el criterio utilizado en el presente estudio para medir la memoria de trabajo en la tarea ACCES (criterio más exigente, para asegurar el nivel de interferencia y el constructo de memoria de trabajo), lo que pudo haber resultado menos discriminante para esta población con dificultades. Un reciente estudio sobre estas medidas de capacidad de memoria de trabajo utilizando Teoría de Respuesta al Ítem ha identificado que esta medida puede ser más discriminante para individuos con moderada a alta MT (Musso y Cascallar, 2025).

A nivel atencional, los resultados expuestos previamente se relacionarían con lo planteado por diversas investigaciones, las cuales corroborarían la existencia de una diferencia en el rendimiento atencional, en desmedro de las personas con un trastorno de la lectura (Lewandowska et al., 2014; Parkosadze et al., 2019). Es así, que Lewandowska et al. (2014), señalan que aquellos niños con un TL presentarían dificultades atencionales en diferentes aspectos: alerta,

atención dividida, búsqueda visual, cambios atencionales y en la flexibilidad. Sumado a esto, Parkosadze et al. (2019) refieren que estudiantes con TL poseen un enlentecimiento general en todos los subprocesos de desarrollo, incluyendo una merma en el desarrollo de la atención y de las funciones ejecutivas. Asimismo, Facoetti et al. (2011), señalan que existiría un control asimétrico en la orientación de la atención del campo visual. Por su parte, Buchholz y Aimola (2007) indican que las personas con dislexia tendrían un problema para identificar dos objetos a la vez, lo que se podría asimilar como un déficit en la atención dividida. Por otra parte, es importante destacar lo que mencionan McGrath y Stoodley (2019), refiriéndose a que tanto la personas con TL como con trastorno por déficit atencional con hiperactividad (TDAH) tendrían una disminución en la zona gris del núcleo caudado derecho, pudiendo relacionarse con un desempeño compartido de las funciones ejecutivas y/o en el aprendizaje procedimental. A raíz de todas las investigaciones expuestas previamente, más los resultados encontrados en el presente estudio, se refuerza la concepción de que la atención sería un pilar fundamental para el desarrollo y afianzamiento de la lectura, tomando en consideración que se compararon escolares lectores. Asimismo, los resultados del presente estudio situaron a la atención como la tercera variable en importancia para poder predecir y diferenciar entre escolares con y sin un trastorno de la lectura. Lo anterior abre una arista importante, ya que la implementación de estrategias cognitivas que incluyan actividades que permitan potenciar los niveles atencionales en la educación inicial y cuando se está comenzando con la enseñanza explícita de la lectura, podría ser un recurso importantísimo a tomar en consideración no sólo por los profesores, sino que también por aquellos profesionales de apoyo a la labor docente que ingresan a

la sala de clases, como psicólogos, fonoaudiólogos y psicopedagogos. Del mismo modo, debiese ser una habilidad fundamental para evaluar e intervenir en aquellos escolares de cursos superiores con dificultades lectoras o con una dislexia.

Por otra parte, a nivel de la memoria de trabajo, se evidencian investigaciones que estarían en línea con lo obtenido en las pruebas de papel y lápiz, encontrando que ésta permitiría diferenciar entre lectores expertos y con dificultades (Guevara, 2017), siendo una de las habilidades que se encontrarían deficientes en los estudiantes con dislexia (Kudo et al., 2015). Sin embargo, se podría considerar una hipótesis alternativa que surge del análisis previo: es posible que el bajo rendimiento en estas tareas de lápiz y papel no se deba necesariamente a una deficiencia en la capacidad de memoria de trabajo como procesamiento cognitivo más básico, sino que las dificultades lectoras podrían interferir en el desempeño durante la ejecución de tareas que demandan otros componentes cognitivos asociados con el proceso de lectura. Alsulam (2019) señala que habría una correlación directa entre la MT y las dificultades fonológicas, lo que se traduce en dificultades lectoras, ya que esta última habilidad lingüística se considera como el principal precursor neuropsicológico de la lectura. Sumado a lo anterior, Peng y Fuchs (2016) indican que los déficits en la MT verbal se encuentran tanto en los niños con dificultades en la lectura como en matemáticas, y que cuando se manifiestan estas dificultades de manera combinada, los déficits son mayores. Asimismo, la MT no sólo podría diferenciar entre los escolares con y sin TL, sino que también sería muy útil para el desarrollo de la comprensión lectora (Barreyro et al., 2017) y que, de igual manera, se vería comprometida en las personas con diferentes condiciones de base, como el TL

(Savage et al. (2007). Sumado a lo anterior, y si bien en la presente investigación se encontraron diferencias significativas entre ambas muestras y la MT fue considerada como la cuarta variable en importancia para predecir la presencia de una dislexia, se debe recordar que la importancia fue de sólo un 11,6%, muy por detrás del 35,1% obtenido por la sumatoria de las tareas de fluidez verbal fonológica (la principal variable predictora). Es así, que probablemente la MT influya en otros aspectos vinculados en la lectura, como el procesamiento fonológico, planteado por Alsulam (2019), y la retención de la información mientras se lee para su posterior comprensión.

Por su parte, con relación a la velocidad de denominación (VD), los resultados obtenidos coinciden con los expuestos por diferentes autores, quienes señalan que esta habilidad sería uno de los principales precursores neuropsicológicos de la lectura (Norton y Wolf, 2012) y que sería útil tanto para predecir el desempeño lector (Areces et al., 2017) como para determinar la calidad en la fluidez lectora (Jones et al., 2009). Asimismo, Bakos et al. (2020) indican que los niños con TL tendrían un tiempo de reacción más lento, relacionándolo con un acceso enlentecido y un procesamiento más prolongado de la palabra escrita. Sumado a lo anterior, Krasowickz-Kupiz et al. (2009) mencionan que los estudiantes con TL presentarían un déficit generalizado en la velocidad de acceso a su léxico mental, lo que se traduce en un bajo rendimiento en la velocidad de denominación. Lo expuesto por Krasowickz-Kupiz et al. (2009) podría estar relacionado con lo planteado en el modelo ACT-R (Anderson et al., 2004), quienes mencionan que la MT se encargaría de extraer y mantener la información proveniente del módulo declarativo, además de mantener dicha información de manera simultánea mientras se cumple el objetivo propuesto,

vinculado con el módulo de metas (Lovett et al., 1999; Anderson et al., 2004). De igual manera, Denckla y Cutting (1999) mencionan que la VD entrelazaría factores fonológicos, conexiones visuales-verbales y aspectos ejecutivos intrínsecos. Sin embargo, Gómez-Velásquez et al. (2010) refieren que la denominación de letras es el mejor predictor del desarrollo posterior de la lectura, por sobre incluso las habilidades fonológicas, mencionando también que las habilidades fonológicas se relacionan con la eficiencia en la lectura y la VD con la velocidad lectora, en donde esto último pudiese estar relacionado a lo planteado previamente con el modelo ACT-R (Lovett et al., 1999; Anderson et al., 2004), ya que un déficit en la MT podría mermar el acceso a la información almacenada de los grafemas en el módulo declarativo. Estos resultados se asimilan a los encontrados por Wolff (2014), que señala que la VD predeciría la velocidad lectora y que la conciencia fonémica predeciría a la comprensión lectora y la ortografía. Considerando lo expuesto previamente, queda evidenciada la importancia que tendría la VD como una variable a considerar no sólo para la pesquisa de un TL, sino que también como una habilidad para abordar en la enseñanza de la lectura.

Finalmente, es muy importante comprender que la dislexia es un trastorno que no se centraría únicamente en una deficiencia en el aprendizaje del lenguaje escrito, sino que también presentaría un déficit cognitivo que debe ser pesquisado e intervenido por profesionales entrenados, con posibles dificultades a niveles atencionales (Gavril et al., 2021; Lewandowska et al., 2014; Parkosadze et al., 2019), mnésicos (Alsulam, 2019; Kudo et al., 2015) o en la velocidad de denominación (Bakos et al., 2020; Norton y Wolf, 2012). Es por esto, que un trabajo mancomunado por un equipo de apoyo multidisciplinario

resulta fundamental para poder entregar una atención de acuerdo con el perfil encontrado en cada caso, en donde una evaluación de los procesos que pudiesen verse comprometidos permitiría una intervención mucho más integral.

6.2 Trastorno de la lectura y procesos lingüísticos

Con relación al segundo objetivo específico sobre la conciencia fonológica (CF) y la velocidad lectora (VL) entre los escolares con y sin TL, se ha encontrado que existirían diferencias estadísticamente significativas en ambas.

A nivel de la CF, los resultados de la presente investigación concuerdan con lo que menciona la literatura, al considerarla como el mejor predictor para el desarrollo de la lectura (Mejía y Eslava, 2008). Aunque si bien esto ocurriría en idiomas transparentes como el español, no sucedería en idiomas opacos como el chino, en donde el mejor predictor sería la velocidad de denominación (Li et al., 2022). Asimismo, Knoop-Van et al. (2018) mencionan que existiría una relación directa entre la CF en la lectura de palabras, en estudiantes con y sin un TL. Resultado similar a lo obtenido por Kim et al. (2013), quienes mencionan la relación no sólo entre la lectura de palabras y la conciencia fonológica, sino que también con la ortográfica y la morfológica. Sumado a lo anterior, y ya en la etapa adulta, Szenkovits y Ramus (2005) señalan que el procesamiento fonológico se encontraría deficiente en esta población con TL, a diferencia de sus controles (evaluado por medio de la lectura de pseudopalabras). Asimismo, Luniewska et al. (2019) realizan un estudio de seguimiento en donde encontraron que los niños que desarrollaron dislexia presentarían un desfase en el desarrollo de las estructuras corticales relacionadas con la fonología (giro temporal superior

bilateral, giro temporal medial izquierdo, ínsula derecha y corteza frontal derecha), mencionando incluso que aquellos normo-lectores con antecedentes familiares de dislexia evidenciaron un desarrollo atípico de la red fonológica cortical, reclutando sin embargo otras zonas corticales (giro central y giro post-central) para poder compensar dichas anomalías. Todo lo expuesto previamente respalda lo hallado en los estudios predictivos del presente trabajo en los que la conciencia fonológica aparece como uno de los predictores más importantes del trastorno lector. Este hallazgo se transforma en algo fundamental para poder ser abordado de manera transversal en todo el currículo escolar, y así beneficiar en la enseñanza del proceso lector no sólo a aquellos escolares con dificultades, sino también a aquellos que no poseen esta condición de base. Asimismo, se transforma en un potente aliado para aquellos profesionales de la salud y educación que trabajan de manera directa con esta población, al incorporar objetivos y estrategias en los diferentes planes terapéuticos que desarrollen, ya sea de manera individual como grupal.

Por otra parte, queda demostrado que los puntajes obtenidos en la velocidad lectora estarían relacionados con lo planteado por diversos autores, quienes señalarían que esta habilidad no sólo se encontraría descendida en aquellos niños que presentan un TL (Wolff, 2016; Palazón, 2020), sino también en adultos con este trastorno (Del Tufo y Earle, 2020; Reis et al., 2020). Sumado a lo anterior, el impacto de la lectura en personas con dislexia se trasladaría incluso en la etapa adulta, en donde según Tejero et al. (2019) aquellos conductores que presentan este trastorno tendrían dificultades para leer las señales de tránsito, ya que lo harían más lento que su grupo control. Por otra parte, Lefèvre et al. (2023) señalan que los estudiantes con un TL tendrían un

compromiso en ambas rutas de la lectura, es decir, en la fonológica y en la léxica. Estos resultados hacen hincapié acerca de la importancia de poder evaluar la lectura previo y posterior al inicio de un plan de intervención, ya que su descenso es un aspecto importante para el diagnóstico de dislexia. Del mismo modo, es muy importante que los profesionales que trabajan con esta población conozcan los rangos de lectura esperados para cada curso o grado, como lo plantea el Ministerio de Educación de Chile (2008), y así puedan tener un insumo valioso acerca del rendimiento del estudiante con sus pares.

6.3 Trastorno de la lectura y electroencefalografía

De acuerdo con el tercer objetivo específico, se comprueba que, si bien existen diferencias en todas las frecuencias de los electrodos estudiados, éstas fueron significativas sólo en los electrodos F8 y T8 de las ondas theta, beta 2 y gamma, en donde se evidenció una hipoactivación eléctrica de las zonas evaluadas en los escolares con TL. Estos resultados se encontrarían en la misma línea a los hallados en diversos estudios, en donde, por ejemplo, de acuerdo con lo señalado por Evans y Park (1996), las personas con dislexia, en reposo y con los ojos cerrados, evidenciarían anomalías en el funcionamiento neural esperado en más del 70% de las muestras en ciertas zonas específicas (hemisferio izquierdo, lóbulo parietal derecho y áreas parietales bilaterales). Asimismo, Klimesch et al. (2001) encontraron que los estudiantes con TL mostrarían una desincronización de las ondas alfa y beta al leer números, palabras y pseudopalabras, demostrando incluso que la desincronización en la onda beta-1 de los electrodos FC5, CP5 y P3 reflejaría el funcionamiento de la codificación grafo-fonética de las palabras. Sumado a lo anterior, Cainelli et al.

(2023) refieren que cuando leen, los estudiantes con dislexia presentan diferencias más localizadas en las zonas temporo-parietales izquierdas, encontrando rendimientos distintos en theta, beta y gama. Ulteriormente, Granados (2022) señala que, al parecer, las personas con dislexia tendrían una maduración más tardía de los ritmos beta en la dislexia.

Sin embargo, hay estudios que señalarían lo contrario a los hallazgos de la investigación actual. Arns et al. (2007) al realizar la evaluación electroencefalográfica durante 2 minutos en niños con y sin TL, sentados con los ojos abiertos y en silencio, encontraron que los estudiantes con el diagnóstico de base presentarían un aumento de las ondas delta y theta en el lóbulo frontal izquierdo y temporal derecho, además del aumento de la onda beta-1 en el electrodo F7, correspondiente al lóbulo frontal izquierdo. Por su parte, Andreadis et al. (2009) mostraron que existirían diferencias en 3 electrodos (C5, O2 y P4), a favor del grupo control sin TL en relajación, despierto y con los ojos cerrados. Del mismo modo, Sklar et al. (1972) evidenciaron un aumento de la actividad de la onda theta en personas con dislexia al realizar diferentes actividades: descanso con los ojos cerrados, atento con los ojos abiertos, lectura de una lista de palabras y lectura de textos. Por tanto, y a pesar de que los resultados de estas investigaciones sean diferentes a los encontrados en el presente estudio, en torno a la mayor activación de las ondas cerebrales en los escolares con un TL, son muy relevantes, ya que permiten corroborar que el funcionamiento cerebral de los escolares con y sin dislexia es diferente.

Finalmente, y considerando los resultados de la presente investigación, se podría mencionar que los escolares con un TL tendrían una lateralización hacia el hemisferio derecho en relación con la hipoactivación de las zonas

corticales relacionadas con el lenguaje y que fueron medidas por medio de la EEG portátil (los electrodos F para la región frontal vinculada con el área de Broca [AB] y los electrodos T para la región temporal vinculada con el área de Wernicke [AW]). Asimismo, quedaría demostrado el rol tanto del AB como del AW en el desarrollo del proceso lector, existiendo evidencia de que ambas zonas participarían en el procesamiento fonológico del lenguaje (Jacquemot y Bachoud-Lévi, 2021; Unger et al., 2021), recordando que este proceso tendría un rol importante en el desarrollo de la lectura (Knoop-Van et al., 2018; Kudo et al., 2015; Parrila et al., 2020). De acuerdo con lo mencionado por Unger et al. (2021), el procesamiento fonológico estaría compuesto por la conciencia fonológica, el acceso rápido a las representaciones fonológicas (vinculado con la velocidad de denominación rápida y automatizada) y por la memoria de trabajo fonológica (Unger et al., 2021). En este punto, el área de Broca se encargaría del acceso y manipulación de las representaciones fonológicas, de la fluidez fonológica, de la rima y de la memoria de trabajo fonológica (Booth et al., 2006; Katzev et al., 2013; Klaus y Hartwigsen, 2019) y, el área de Wernicke estaría relacionada con el análisis de las estructuras acústicas simples no verbales, con el análisis de la información auditivo-fonológica, con la percepción fonológica del habla y en el reconocimiento auditivo de las palabras escritas (Jacquemot y Bachoud-Lévi, 2021; Robson et al., 2019). En el presente estudio esta hipoactivación de los electrodos F8 y T8, al estar vinculados con las zonas corticales relacionadas con el procesamiento fonológico, ofrecerían marcadores biológicos del déficit encontrado en conciencia fonológica, la cual fue una de las variables predictoras del trastorno lector.

6.4 Trastorno de la lectura y onda beta

En cuando al cuarto objetivo específico relacionado con el establecimiento de un punto de corte para las ondas beta que permita diferenciar entre escolares con y sin TL, se sugiere un punto de corte preliminar utilizando el percentil 25 en el grupo control, señalando que una amplitud igual o inferior a $.91 \mu V^2$ en la onda beta 2 del electrodo F8 podría ser un criterio útil para diferenciar ambos grupos de niños.

Lo anterior, es posible relacionarlo con las siguientes investigaciones, quienes señalan que la onda beta sería un importante diferenciador con relación al funcionamiento cerebral entre los escolares con y sin trastorno de la lectura (Klimesch et al., 2001). Del mismo modo, Turri et al. (2023) señalan que en personas adultas con dislexia se produciría una menor actividad eléctrica cerebral, con un ritmo menos constante que sus pares sin este trastorno. Sumado a esto, señalan que en la onda beta el grupo de casos evidencia una menor actividad estadísticamente significativa comparada con los lectores típicos, lo que se relacionaría con la precisión en la lectura de palabras. Asimismo, Xue et al. (2020) encontraron que, en reposo, los niños chinos con dislexia tienen déficits globales en la onda beta. Sumado a lo anterior, los hallazgos irían en línea con los encontrados con Seshadri et al. (2022), quienes señalan que, al realizar tareas aritméticas, en los niños con dislexia habría un incremento en la conectividad de la onda delta y una reducida conectividad en las ondas theta, alfa y beta en las regiones temporoparietal y prefrontal. Además, Christodoulides et al. (2021), mencionan que los universitarios con dislexia, al escuchar o ver una lista de palabras, activarían áreas cerebrales de manera diferente a su grupo control, encontrando diferencias estadísticamente

significativas en la onda beta tanto para la estimulación auditiva en el lóbulo temporal izquierdo, en el lóbulo occipital izquierdo y en el área prefrontal derecha a favor del grupo control, como para la estimulación visual, en donde reportan diferencias estadísticamente significativas en el lóbulo temporal izquierdo, en el lóbulo occipital, en el lóbulo parietal y en el lóbulo occipital derecho. Por otra parte, incluso se aconsejaría el uso de la onda beta para medir la lateralización y reorganización del lenguaje en niños con alteraciones de la lectura que sean sometidos a programas de intervención (Penalozzi et al., 2010). Finalmente, se utiliza el percentil 25 (P25) ya que de acuerdo con lo propuesto por Aragón (2004), un P25 se asociaría a un desempeño no adecuado en comparación a sus pares, indicando que sobre el valor obtenido en este percentil se encontraría adecuado. Es importante mencionar que esta es una propuesta personal considerando los procedimientos que se utilizan para el establecimiento de puntajes de corte y que, además, para su realización no es necesaria que los puntajes obtenidos tengan una distribución normal, ya que éstos son considerados estadísticos de orden (Villarroel, 2013).

6.5 Trastorno de la lectura y variables predictoras

Considerando tanto el quinto objetivo específico como el sexto, se establece que sí habría participación de los procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos estudiados, en donde la sumatoria total de las tareas de fluidez verbal fonológica sería la principal variable que predeciría la presencia de un TL, seguida de la velocidad de denominación de letras y lo encontrado a nivel atencional por el TMT-A.

Los resultados encontrados concordarían con lo reportado por diferentes investigadores, quienes señalan que tanto la conciencia fonológica, como la velocidad de denominación serían potentes predictores neuropsicológicos de la lectura (De la Calle et al., 2021; Eloranta et al., 2018; Piotrowska y Willis, 2019). Sumado a lo anterior, existen reportes de que la atención se encontraría mermada en los estudiantes con un TL (Lewandowska et al., 2014; Parkosadze et al., 2019).

Por otra parte, y considerando al principal precursor para predecir un TL encontrado en la presente investigación, Dębska et al. (2022) compararon dos grupos de estudiantes, uno con dislexia ($n= 51$) y otro sin esta condición ($n= 71$), y los sometieron a una extensa evaluación cognitiva y lingüística, encontrando que el 51% de los niños con dislexia presentaba un déficit fonológico y un 26% de los mismo en la VD, no hallando una afectación sistemática en los otros dominios cognitivos evaluados (atención selectiva visual, habilidades auditivas y el aprendizaje implícito). Además, los déficits en la CF y en la VD se presentaron de manera coexistente en el 14% de los estudiantes con la condición de base. Finalmente concluyeron que, si bien la VD sería un predictor consistente de la lectura, la CF predeciría el rendimiento lector en lectores promedio y que lo hacen bien. Por su parte, Gharaibeth (2021) señala que, en estudiantes de 8 a 9 años, instrumentos que permitan medir tanto la CF como la VD podrían predecir las dificultades lectoras en población con dislexia que hablen árabe. Asimismo, Dorofeeva et al. (2022) refieren que, en estudiantes rusos de 7 a 11 años, la CF sería un potente y necesario precursor de las habilidades lectoras, aunque señalan que no sería suficiente para proponerlo como un instrumento unitario de diagnóstico. Del mismo modo, Newbury et al. (2020) mencionan que en

estudiantes con trastorno de lenguaje que asisten a preescolar y primer año básico, y que reciben intervención específica especializada, la CF y la memoria de trabajo ayudarían a predecir el rendimiento lector de los escolares. Por otra parte, Del Tufo y Earle (2020) encontraron que, a nivel adulto, los universitarios de 18 a 35 años con antecedentes de dislexia de desarrollo seguían manifestando déficits en las habilidades basadas en la fonología, indicando que incluso a nivel adulto continuarían con desafíos similares a los que tuvieron a nivel escolar, mencionando que sería beneficiosa la implementación de ajustes objetivos y específicos en la etapa universitaria.

Considerando todo lo expuesto previamente, la CF no sólo sería el principal precursor neuropsicológico de la lectura, sino que también se convertiría en la principal variable a considerar para poder diferenciar entre escolares con y sin un TL (aunque si bien este resultado es muy importante, no se debe olvidar que existen otras variables y/o predictores que podrían influir en la presencia de un trastorno de la lectura). La importancia de comprender esto, radica en que los hallazgos reportados en el presente estudio podrían servir de guía para la implementación de programas de intervención neuropsicológica para potenciar a los escolares desde niveles iniciales. Asimismo, se transforma en una habilidad a considerar para trabajar en personas que posean este trastorno, incluso en la etapa adulta.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivos generales analizar las relaciones entre los procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos en escolares chilenos de 8 a 13 años y, posteriormente, determinar en qué medida dichos procesos contribuyen a predecir la presencia de un trastorno de la lectura (TL). Para poder estudiar esto, se utilizó una muestra de 30 escolares sin un TL y 32 con la condición de base. Por medio de los análisis expuestos en los capítulos previos, se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo sin el trastorno en todas las variables analizadas, es decir, en la atención, memoria de trabajo, velocidad de denominación, conciencia fonológica, velocidad lectora y a nivel electroencefalográfico, en donde se encontraron diferencias significativas en las ondas cerebrales theta, beta y gamma de los electrodos F8 y T8.

Por otro lado, los modelos de clasificación predictiva plantean el acceso fonológico/lexical rápido como principales características/variables para clasificar un trastorno de lectura. Esto es consistente con la doble vía de déficit de la dislexia: déficit de conciencia fonológica, de velocidad de denominación, o ambas. El hallazgo del presente estudio replica el patrón encontrado en estudios previos donde la velocidad de acceso y recuperación fonológica agrega poder discriminativo. Asimismo, y si bien la conciencia fonológica se destacó como el principal predictor para determinar la presencia de un TL o dislexia, los resultados señalan que la precisión en la clasificación mejora cuando se consideran múltiples variables en conjunto, lo que refuerza la importancia de un

enfoque multivariado para entender esta condición de una forma más completa. Específicamente, la memoria de trabajo y la atención tienen una contribución secundaria y heterogénea, coincidiendo con estudios previos que sugieren efectos moderados de la memoria de trabajo en la dislexia, pero dependiendo del subtipo y modalidad (verbal/visoespacial), el tipo de tarea (simple/compleja) y la edad (Swanson et al., 2009). De esta manera, la memoria de trabajo y atención tienen menor especificidad diagnóstica para el TL. Por otro lado, la importancia de tareas atencionales y de memoria de trabajo como las TMT-A/B en la ANN sugiere que ciertos componentes de velocidad seriada, búsqueda visual y set-shifting contribuyen con información para la discriminación.

Los TL son uno de los principales trastornos de aprendizaje que pueden presentar los escolares, con una alta prevalencia y cuyo origen estaría relacionado con una activación diferente de las zonas corticales relacionadas con el proceso lector (Barquero et al., 2014). Lo anterior da como resultado no sólo una lectura deficiente, ya sea en la cantidad de errores que cometen al leer o en la velocidad de esta, sino que también impactaría el desarrollo en una serie de procesos cognitivos, lingüísticos e incluso electrofisiológicos como arrojó la presente investigación.

Lo expuesto previamente es muy importante, ya que el conocer las habilidades neuropsicológicas que pudiesen presentar alteraciones, brinda un insumo muy valioso tanto para el proceso de evaluación como de intervención en esta población. Asimismo, conocer este tipo de dificultades permitiría la instauración de manera preventiva de diferentes programas desde el nivel preescolar, con el fin de prevenir o aminorar las características que se podrían manifestar en escolares con TL. Del mismo modo, los resultados emanados de

la presente investigación estarían en sintonía con los reportados previamente por la literatura especializada, quienes señalan que los niños con un TL presentarían un rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico diferente a su grupo control, con un peor rendimiento en la muestra que presenta el diagnóstico de base (Cainelli et al., 2023; Kudo et al., 2015; Meyer et al., 1998; Peters et al., 2019; Sohrabi y Sohrabi, 2017). Sumado a esto, se refuerza lo que señala la literatura al considerar a la conciencia fonológica como el principal precursor neuropsicológico de la lectura, el que además sería la principal variable para poder identificar a los estudiantes que presentan el trastorno de aprendizaje estudiado (Mejía y Eslava, 2008).

Por otra parte, comparar el rendimiento eléctrico cerebral entre escolares con y sin un TL en zonas muy importantes para el desarrollo del lenguaje, como es el área de Broca (medidos por el electrodo F7 para el frontal izquierdo y F8 para el frontal derecho) y el área de Wernicke (medidos por el electrodo T7 para el temporal izquierdo y T8 para el temporal derecho), es muy enriquecedor ya que permite identificar las diferencias funcionales y electrofisiológicas que presentarían los escolares con dificultades lectoras. Esto sugiere un patrón particular de activación cerebral en ciertas zonas asociadas al lenguaje. Sumado a esto, comprobar que estas diferencias fueron significativas en los electrodos pesquisados del hemisferio derecho utilizando un aparato de electroencefalografía portátil como el Emotiv Epoc+®, abre una serie de posibilidades no sólo para seguir investigando de manera objetiva las zonas cerebrales que se pudiesen ver comprometidas, sino que también para conocer el comportamiento de las ondas cerebrales en esta población. Asimismo, y si bien la capacidad predictiva de la señal beta 2 en F8/T8 resulta moderada, dado

el reducido número de la muestra, es plausible que su contribución sea modesta pero existente, siendo coherente con reportes de patrones EEG diferentes en dislexia y asociaciones entre ritmos beta y esfuerzo/integración grafo-fonémica. Por lo tanto, este tipo de instrumentos podría ser de utilidad en el futuro para identificar biomarcadores EEG tempranos, especialmente a nivel preescolar, permitiendo anticipar dificultades lectoras y pudiendo implementar programas de intervención más oportunos, buscando minimizar de esta forma el impacto del fracaso escolar. Del mismo modo, el poder realizar un estudio de estas características con un aparato de electroencefalografía portátil y de bajo costo, ya que su valor aproximado ronda los mil dólares, permite poder acercar la investigación a diferentes espacios, no centrándolos sólo a ambientes de laboratorios controlados de universidades o centros especializados dedicados a la investigación básica, sino que también facilita que cualquier profesional debidamente entrenado o investigador en ambientes no académicos, como escuelas, hospitales o en consulta particular, pueda realizar investigación de calidad y objetiva.

Por último, el poder desarrollar valores de rendimiento eléctrico de la onda beta, aunque sean de manera preliminares, es un aporte inicial para el estudio de esta temática a nivel mundial y que podría extrapolarse a otros trastornos del aprendizaje o del neurodesarrollo, pudiendo establecerse como un parámetro objetivo a considerar para conocer el funcionamiento cerebral de los sujetos de una manera no invasiva y objetiva.

Como limitaciones de la presente investigación, se encuentra la cantidad de electrodos seleccionados, el rango etario seleccionado, el reducido tamaño muestral (aunque se cumplió con el mínimo de personas recomendadas para un

estudio de estas características) y los instrumentos utilizados. Con relación al número de electrodos evaluados (4), presenta limitaciones en la resolución espacial de las señales registradas, reduciendo la posibilidad de realizar inferencias topográficas más precisas (aunque en la presente investigación se seleccionaron aquellos electrodos vinculados con áreas relacionadas con el lenguaje). Asimismo, debido a que no se realizaron correcciones por multiplicidad estadística de manera previa para la selección de los electrodos, existe un mayor riesgo de obtener resultados significativos por el azar. De acuerdo con lo anterior, se sugiere que estudios posteriores repliquen estos hallazgos utilizando una mayor cantidad de electrodos y las estrategias de corrección correspondientes. Por otra parte, con respecto al tamaño muestral, éste se vio aún más disminuido ya que se eliminaron individuos de la muestra original analizada cuya precisión en el ACCES fuera inferior al 70% y que registraran resultados inválidos en el ANT, excluyendo a 10 escolares con TL y 6 sin este trastorno. Esta exclusión por criterios de validez pudo haber reducido la sensibilidad para detectar efectos pequeños de la capacidad de memoria de trabajo y redes atencionales. Asimismo, otras de las limitaciones encontradas están relacionadas con los instrumentos de papel y lápiz seleccionados, y específicamente con el TMT-A y B. Con respecto al TMT-A, y si bien algunos estudios plantean que sería un instrumento para valorar la atención visual (Carvallo y Ramos-Henderson, 2024; Puerta et al., 2018), existen otros autores que plantean que evaluaría otros constructos, como la velocidad de procesamiento de la información (Libon et al., 2024), la atención sostenida (Meneses-Meneses et al., 2023), habilidades viso-perceptuales (Depauw et al., 2024), escaneo visual y velocidad grafomotora (Llinàs-Reglà et al., 2015). En

relación con el TMT-B, se encontraría en la misma disyuntiva, ya que si bien existen estudios que señalan que sería útil para evaluar la memoria de trabajo (Depauw et al., 2024; Sánchez-Cubillo., 2009), también existen otras investigaciones que indicarían su utilidad para medir el control inhibitorio, el escaneo visual, la memoria de trabajo visuoespacial (Carvallo y Ramos-Henderson, 2024; Libon et al., 2024), el funcionamiento ejecutivo, el cambio de tarea (Depauw et al., 2024) y la flexibilidad cognitiva (Margulis et al., 2018). Es así, que dentro de las limitaciones de estos instrumentos sería la no existencia de un criterio uniforme y transversal acerca de lo que específicamente mediría cada uno de ellos. Además, los instrumentos utilizados se alinean a constructos específicos diferentes. Los de lápiz y papel de memoria de trabajo/atención, fluidez verbal y denominación son consistentes con los constructos de cuellos de botella seriados/fonológicos de la lectura, mientras que el ANT y ACCES capturan recursos de procesamiento más básicos que pueden no mapear directamente al proceso lector. Sumado a lo anterior, otra limitación presente en el estudio corresponde a la utilización de instrumentos sin normas o estudios de validación para población chilena, los que, si bien poseen propiedades psicométricas adecuadas en diferentes contextos, no puede descartarse la influencia de factores culturales, lingüísticos o educativos propios del contexto chileno en el desempeño de los participantes. Finalmente, y debido al tamaño muestral reducido utilizado en el análisis por medio de las redes neuronales artificiales, los resultados deben interpretarse con cautela y considerarse de carácter exploratorio.

Como proyecciones futuras, se espera que este estudio pionero en Latinoamérica sirva como aliciente para que se sigan desarrollando instancias

similares, en donde se consideren las limitaciones señaladas previamente, y se pueda seguir profundizando en este tema que es relevante no sólo para el ámbito educativo, sino que también para el sanitario y para todo el núcleo cercano, ya sea familia directa o no, ya que el poder entregar una mejor calidad en la evaluación y la intervención podría mejorar la calidad de vida de niños, niñas y adolescentes que posean un trastorno de la lectura. Del mismo modo, se sugiere que para futuras investigaciones se pudiesen utilizar no sólo una muestra más amplia y una mayor cantidad de electrodos, sino que también se pueda optimizar el punto de corte propuesto para la onda beta en otras muestras independientes, incorporando las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) o el índice de Youden, o incluso, evaluar el funcionamiento de las demás ondas cerebrales en diferentes tareas.

REFERENCIAS

- Abundis-Gutiérrez, A., Checa, P., Castellanos, C., & Rueda, M. R. (2014). Electrophysiological correlates of attention networks in childhood and early adulthood. *Neuropsychologia*, *57*, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.02.013>
- Adams, E. J., Nguyen, A. T., & Cowan, N. (2018). Theories of Working Memory: Differences in Definition, Degree of Modularity, Role of Attention, and Purpose. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *49*, 340-355. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-17-0114
- Al Dahhan, N. Z., Kirby, J. R., Chen, Y., Brien, D. C., & Munoz, D. P. (2020). Examining the neural and cognitive processes that underlie reading through naming speed tasks. *European journal of Neuroscience*, *51*, 2277-2298. <https://doi.org/10.1111/ejn.14673>
- Alasim, K. N., & Alqraini, F. M. (2020). Do d/Deaf and Hard of Hearing Children Need Access to a Spoken Phonology to Learn to Read? A Narrative Meta-Analysis. *American Annals of the Deaf*, *164*(5), 531-545. <https://dx.doi.org/10.1353/aad.2020.0001>.
- Alsulami, S. (2019). The Role of Memory in Dyslexia. *International Journal of Education & Literacy Studies*, *7*(4), 1-7. <http://dx.doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.7n.4p.1>

- American Clinical Neurophysiology Society (2016). Guideline 2: Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 33(4), 308-311. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000316>
- Ammawat, W., Attanak, A., Kornpetpanee, S., & Wongupparaj, P. (2019). Pre-schoolers' visual perception and attention networks influencing naming speed: An individual difference perspective. *Heliyon*, 5(19), e02587. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02587>
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An Integrated Theory of the Mind. *Psychological Review*, 111(4), 1036-1060. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.4.1036>
- Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the Physical Universe?* Oxford University Press.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Andreadis, I. I., Giannakakis, G. A., Papageorgiou, C., & Nikita, K. S. (2009). Detecting Complexity Abnormalities in Dyslexia Measuring Approximate Entropy of Electroencephalographic Signals [Conferencia]. 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, Minnesota, United States of America. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5332798>.
- Andreola, C., Mascheretti, S., Belotti, R., Ogliari, A., Marino, C., Battaglia, M., & Scaini, S. (2021). The heritability of reading and reading-related neurocognitive components: A multi-level meta-analysis. *Neuroscience*

and *Biobehavioral Reviews*, 121, 175-200.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.11.016>

Aragon, L. (2004). Fundamentos psicométricos en la evaluación psicológica.

Revista Electrónica de Psicología Iztcala, 7(4), 23-43.

<https://www.iztacala.unam.mx/carreras/psicologia/psiclin/vol7num4/Art3-2005-1.pdf>

Arango-Lasprilla, J. C., Rivera, D., Ramos-Usuga, D., Vergara-Moragues, E.,

Montero-López, E., Adana, L. A., et al. (2017). Trail Making Test:

Normative data for the Latin American Spanish-speaking pediatric population. *NeuroRehabilitation*, 41, 627-637.

<https://doi.org/10.3233/NRE-172247>

Areces, D., García, T., González-Castro, P., Alvarez-García, D., & Rodríguez, C.

(2017). Naming speed as a predictive diagnostic measure in reading and attentional problems. *Child Neuropsychology*, 24(8), 1115-1128.

<https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1391191>

Arns, M., Peters, S., Breteler, B., & Verhoeven, L. (2007). Different brain

activation patterns in dyslexic children: evidence from EEG power and coherence patterns for the double-deficit theory of dyslexia. *Journal of*

Integrative Neuroscience, 6(1), 175-190.

<https://doi.org/10.1142/S0219635207001404>

Asociación Americana de Psiquiatría (2022). Manual diagnóstico y estadístico de

los trastornos mentales, texto revisado (DSM-5-TR). (5° ed.). Editorial

Médica Panamericana.

- Babiloni, C., Barry, R., Başar, E., Blinowska, K., Cichocki, A., Drinkenburg, W., Klimesch, W., Knight, R., Lopes da Silva, F., Nunez, P., Oostenveld, R., Jeong, J., Pascual-Marqui, R., Valdes-Sosa, P., & Hallett, M. (2020). International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN) – EEG research workgroup: Recommendations on frequency and topographic analysis of resting state EEG rhythms. Part 1: Applications in clinical research studies. *Clinical Neurophysiology*, 131(1), 285-307. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.06.234>
- Badcock, N. A., Mousikou, P., Mahajan, Y., de Lissa, P., Thie, J., & McArthur, G. (2013). Validation of the Emotiv EPOC® EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. *PeerJ*, 1, e38. <https://doi.org/10.7717/peerj.38>
- Badcock, N. A., Preece, K. A., de Wit, B., Gleen, K., Fieder, N., Thie, J., & McArthur, G. (2015). Validation of the Emotiv EPOC EEG system for research quality auditory event-related potentials in children. *PeerJ*, 3, e907. <https://doi.org/10.7717/peerj.907>
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. (2009). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140. [10.1016/j.cub.2009.12.014](https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014)

- Bakos, S., Mehlhase, H., Landerl, K., Bartling, J., Schulte-Körne, G., & Moll, K. (2020). Naming processes in reading and spelling disorders: An electrophysiological investigation. *Clinical Neurophysiology*, 131(2), 351-360. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.017>
- Barquero, L., Davis, N., & Cutting L. (2014). Neuroimaging of Reading Intervention: A Systematic Review and Activation Likelihood Estimate Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 9(1), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083668>
- Benischek, A., Long, X., Rohr, C. S., Bray, S., Dewey, D., & Lebel, C. (2020). Pre-reading language abilities and the brain's functional reading network in young children. *NeuroImage*, 217, 116903. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116903>
- Benítez-Burraco, A. (2010). Neurobiología y neurogenética de la dislexia. *Neurología*, 25(9), 563-581. [10.1016/j.nrl.2009.12.010](https://doi.org/10.1016/j.nrl.2009.12.010)
- Birch, S. (2016). Prevalence and Profile of Phonological and Surface Subgroups in College Students With a History of Reading Disability. *Journal of Learning Disabilities*, 49(4), 339-353. <https://doi.org/10.1177/0022219414554007>
- Booth, J. R., Lu, D., Burman, D. D., Chou, T., Jin, Z., Peng, D., Zhang, L., Ding, G., Deng, Y., & Liu, L. (2006). Specialization of phonological and semantic processing in Chinese word reading. *Brain Research*, 1071, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.097>

- Bosse, M., Tainturier, M., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, *104*(2), 198-230. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.009>
- Bravo, L. (2013). *Lectura inicial y psicología cognitiva* (3° ed.). Ediciones UC.
- Buchholz, J., & Aimola, A. (2007). Attentional blink deficits observed in dyslexia depend on task demands. *Vision Research*, *47*, 1292-1302. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.11.028>
- Bulut, O., Cormier, D. C., & Yildirim-Erbbasli, S. N. (2022). Optimized Screening for At-Risk Students in Mathematics: A Machine Learning Approach. *Information*, *13*, 400. <https://doi.org/10.3390/info13080400>
- Cainelli, E., Vedovelli, L., Carretti, B., & Bisiacchi, P. (2023). EEG correlates of developmental dyslexia: a systematic review. *Annals of Dyslexia*, *73*, 184-213. <https://doi.org/10.1007/s11881-022-00273-1>
- Carretti, B., Toffalini, R., Saponaro, C., Viola, F., & Cornoldi, C. (2019). Text reading speed in a language with a shallow orthography benefit less from comprehension as reading ability matures. *British Journal of Educational Psychology*, *90*(S1), 91-104. <https://doi.org/10.1111/bjep.12307>
- Carvallo, C., & Ramos-Henderson, M. (2024). Trail making test – black & white (TMT B&W): Normative study for the Chilean population. *Journal of Neuropsychology*, *18*(3), 415-426. <https://doi.org/10.1111/jnp.12364>
- Cascallar, E. C., Musso, M., Kyndt, E. & Dochy, F. (2015). Modelling for understanding AND for prediction/classification - the power of neural

- networks in research. *Frontline Learning Research*, 6(1), 67-81.
<http://dx.doi.org/10.14786/flr.v2i5.135>
- Cerda, J., & Cifuentes, L. (2012). Uso de curvas ROC en investigación clínica. Aspectos teórico-prácticos. *Revista Chilena de Infectología*, 29(2), 138-141. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000200003>
- Cheng, C., Yao, Y., Wang, Z., & Zhao, J. (2021). Visual attention span and phonological skills in Chinese developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 116; 104015.
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2021.104015>
- Christodoulides, P., Zakopoulou, V., Tzimourta, K. D., Tzallas, A. T., & Peschos, D. (Abril de 2021). *The contribution of eeg recordings to the audiovisual recognition of words in university students with dyslexia* [Conferencia]. Psychological Applications and Trends, en línea. https://inpact-psychologyconference.org/wp-content/uploads/2021/04/2_OP_186.pdf
- Clement-Lam, S. S-Y., Lasnick, O., Kinnie, B., Mitra, A., Lyon, C., Kearns, D., & Hoeft, F. (2025). Event-related potentials in the “Triangle” framework of reading and developmental dyslexia: a systematic review. *Annals of Dyslexia*, 76(1), 156-205. <https://doi.org/10.1007/s11881-025-00353-y>
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589-608. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.4.589>
- Decker, S. L., Roberts, A. M., & Englund, J. A. (2013). Cognitive predictors of rapid picture naming. *Learning and Individual Differences*, 25, 141-149.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.03.009>

- de Chambrier, A., Dessemontet, R., Martinet, C., & Fayol, M. (2021). Rapid automatized naming skills of children with intellectual disability. *Heliyon*, 7(5), e06944. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06944>
- De la Calle, A. M., Guzmán-Simón, P., García-Jiménez, P., & Aguilar, M. (2021). Precursors of Reading Performance and Double- and Triple-Deficit Risks in Spanish. *Journal of Learning Disabilities*, 54(4), 300-313. <https://doi.org/10.1177/0022219420979960>
- De la Calle, A. M. (2019). La predicción del rendimiento lector temprano: una perspectiva comparada en escolares españoles y chilenos. *Revista Complutense de Educación*, 30(4), 935-950. <https://doi.org/10.5209/rced.59564>
- Dębska, A., Łuniewska, M., Zubek, J., Chyl, K., Dynak, A., Dziegieł-Fivet, G., Plewko, J., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2022). The cognitive basis of dyslexia in school-aged children: A multiple case study in a transparent orthography. *Developmental Science*, 25(2):e13173. <https://doi.org/10.1111/desc.13173>
- Dehaene, S. (2013). Inside the Letterbox: How Literacy Transforms the Human Brain. *Cerebrum*, 7, 1-16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23847714/>
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 234-244. <https://doi.org/10.1038/nrn3924>
- Dehaene, S., Nakamura, K., Jobert, A., Kuroki, C., Ogawa, S., & Cohen, L. (2010). Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates

- of mirror invariance in the visual word form area. *NeuroImage*, 49, 1837-1848. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.024>
- Del Tufo, S. N., & Earle, F. S. (2020). Skill Profiles of College Students With a History of Developmental Language Disorder and Developmental Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 53(3) 228-240. <https://doi.org/10.1177/0022219420904348>
- Della-Sala, D. T., Gray, C. Spinnler, H., & Trivelli, C. (1998). Frontal lobe functioning in man: The riddle revisited. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 663-682. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(97\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(97)00093-0)
- Denckla, M., & Rudel, R. (1976). Rapid “automatized” naming (R.A.N): dislexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14, 471-479. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(76\)90075-0](https://doi.org/10.1016/0028-3932(76)90075-0)
- Depauw, T., Boasen, J., Léger, P., & Sénécal, S. (2024). Assessing the Relationship Between Digital Trail Making Test Performance and IT Task Performance: Empirical Study. *JMIR Human Factors*, 11, e49992. <https://doi.org/10.2196/49992>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diuk, B., & Ferroni, M. (2013). ¿Anglocentrismo en los modelos de adquisición lectora? Un estudio en una lengua de ortografía transparente. *SUMMA PSICOLÓGICA UST*, 10(2), 29-39. https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-448x2013000200003

- Dorofeeva, S. V., Iskra, E., Goranskaya, D., Gordeyeva, E., Serebryakova, M., Zyryanov, A., Akhutina, T. V., & Dragoy, O. (2022). Cognitive Requirements of the Phonological Tests Affect Their Ability to Discriminate Children With and Without Developmental Dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 65(10), 3809-3826. https://doi.org/10.1044/2022_JSLHR-21-00687
- Eloranta, A-K., Närhi, V. M., Eklund, K. M., Ahonen, T. P. S., & Aro, T. I. (2018). Resolving reading disability-Childhood predictors and adult-age outcomes. *Dyslexia*, 25(1), 20-37. <https://doi.org/10.1002/dys.1605>
- Emotiv. (s.f.). *EPOC+ Headset Details*. <https://emotiv.gitbook.io/epoc-user-manual/using-headset/epoc+ headset details>
- Engle, R. W. (2002). Working Memory as Executive Attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19-23. <https://www.jstor.org/stable/20182756>
- Engle, R. W. (2018). Working Memory and Executive Attention: A Revisit. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 190-193. <https://doi.org/10.1177/1745691617720478>
- Evans, J., & Park, N. (1996). Quantitative EEG Abnormalities in a Sample of Dyslexic Persons. *Journal of Neurotherapy*, 2(1), 1-5. <https://www.neurofeedbackclinic.ca/journals/dyslexia/des05.pdf>
- Facoetti, A., Turatto, M., Lorusso, M., & Mascetti, G. (2001). Orienting of visual attention in dyslexia: evidence for asymmetric hemispheric control of attention. *Experimental Brain Research*, 138, 46-53. <https://doi.org/10.1007/s002210100700>

- Fan, J., McCandliss, B., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. (2002). Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- Foncubierta, J., & Fonseca, M.C. (2018). Comprender el proceso lector en segundas lenguas: cognición y afectividad. *Tejuelo*, 28, 11-42. <https://dehesa.unex.es/entities/publication/229e312c-bd7a-4cfb-9d12-3c14a4dc67d4>
- Foorman, B., Chen, D., Carlson, C., Moats, L., Francis, D., & Fletcher, J. (2003). The necessity of the alphabetic principle to phonemic awareness instruction. *Reading and Writing*, 16, 289–324. <https://doi.org/10.1023/A:1023671702188>
- Fostick, L., & Revah, H. (2018). Dyslexia as a multi-deficit disorder: Working memory and auditory temporal processing. *Acta Psychologica*, 183, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.12.010>
- Gabay, Y., Gabay, S., Schiff, R., & Henik, S. (2019). Visual and Auditory Interference Control of Attention in Developmental Dyslexia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 26(4), 1-11. <https://doi.org/10.1017/S135561771900122X>
- Galuschka, K., & Schulte-Körne, G. (2016). The diagnosis and Treatment of Reading and/or Spelling Disorders in Children and Adolescents. *Clinical*

Practice Guide. *Deutsches Ärzteblatt International*, 113, 279-286.

<https://doi.org/10.3238/arztebl.2016.0279>

Gao, C., Green, J. J., Yang, X., Oh, S., Kim, J., & Shinkareva, S. V. (2023).

Audiovisual integration in the human brain: a coordinate-based meta-analysis. *Cerebral Cortex*, 33, 5574-5584.

<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.05.016>

Garcia, A., Gonzalez, J. M., & Palomino, A. (2019). Data acquisition system for

the monitoring of attention in people and development of interfaces for commercial devices. En V. Agredo-Delgado & P. Ruiz (Eds.), *Human-computer interaction. HCI-COLLAB 2018* (Communications in Computer

and Information Science, Vol. 847). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6_7)

[3-030-05270-6_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6_7)

Garson, G. D. (2014). Neural network models. Statistical Associates Publishers.

Garza, E. (2015). *Manual de laboratorio de fisiología* (6a ed.). McGRAW-HILL

INTERAMERICANA EDITORES.

Gavril, L., Roşan, A., & Szamosközi, Ş. (2021). The role of visual-spatial attention

in reading development: A meta-analysis. *Cognitive Neuropsychology*,

38(6), 387-407. <https://doi.org/10.1080/02643294.2022.2043839>

Gayán, J. (2001). La evolución del estudio de la dislexia. *Anuario de Psicología*,

32(1),

3-30.

<https://sid->

[inico.usal.es/docs/F8/ART11013/evoluci%
c3%b3n_dislexia.pdf](https://sid-inico.usal.es/docs/F8/ART11013/evoluci%c3%b3n_dislexia.pdf)

- Gharaibeth, M. (2021). Predicting dyslexia in Arabic-speaking children: Developing instruments and estimating their psychometric indices. *Dyslexia*, 27(4), 436-451. <https://doi.org/10.1002/dys.1682>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology & Metabolism*, 10(2), 486-489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
- Gil, J. M. (2019). Lectoescritura como sistema neurocognitivo. *Educación y Educadores*, 22(3), 422-447. <https://doi.org/10.5294/edu.2019.22.3.5>
- Goldstein-Marcusohn, Y., Goldfarb, L., y Shany, M. (2020). Global and Local Visual Processing in Rate/Accuracy Subtypes of Dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 11, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00828>
- Gómez-Velázquez, F., González-Garrido, A., Zarabozo, D., & Mydory, A. (2010). LA VELOCIDAD DE DENOMINACIÓN DE LETRAS. El mejor predictor temprano del desarrollo lector en español. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(46), 823-847. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662010000300007
- Gonthier, C., Aubry, A., & Bourdin, B. (2018). Measuring working memory capacity in children using adaptive tasks: Example validation of an adaptive complex span. *Behavior Research Methods*, 50, 910-921. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0916-4>
- González, M., & Delgado, M. (2007). Rendimiento en lectura e intervención psicoeducativa en Educación Infantil y Primaria. *Revista de Educación*,

344, 333-354. <https://postgrado.une.edu.pe/pdf/documentos-academicos/psicologia-educacional-y-tutorial/38.pdf>

Granados, R., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2022). Development of Atypical Reading at Ages 5 to 9 Years and Processing of Speech Envelope Modulations in the Brain. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 16, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fncom.2022.894578>

Guevara, C. (2017). Factores influyentes en las diferencias individuales de la comprensión lectora: inhibición cognitiva y memoria de trabajo. *Mendive*, 15(1), 110-118. http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-76962017000100010

Guevara, E. (2016). Propuesta de un programa de intervención neuropsicológica en un adolescente con dificultades en el proceso lector. *Cuadernos de Neuropsicología*, 10(1), 88-100. <https://doi.org/10.7714/CNPS/10.1.301>

Guevara, E. (2018). La intervención neuropsicológica de los trastornos de la lectura. *Psicogente*, 21(39), 8-9. <https://doi.org/10.17081/psico.21.39.2818>

Guevara, E., & Merino-Soto, C. (2019). Programa de Estimulación de Habilidades Psicolingüísticas (PEHP) y velocidad lectora en segundo año de primaria: un estudio piloto. *Revista de Investigación Psicológica*, 22, 67-74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2223-30322019000200006

Guerrero-Aranda, A., & González-Garrido, A. A. (2016). Corregistro de la actividad eléctrica cerebral y oculomotora: una alternativa para la

investigación en dislexia. *Psiquiatría Biológica*, 23(2), 47-53.

<https://doi.org/10.1016/j.psiq.2016.02.008>

Gutiérrez-Fresneda, R., Díez, A., & Jiménez-Pérez, E. (2017). Estudio longitudinal sobre el aprendizaje lector en las primeras edades. *Revista de Educación*, 378, 30-51. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-378-360>

Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 10-18. <https://doi.org/10.1145/1656274.165627>

Haykin, S. S. (2009). *Neural networks and learning machines* (Vol. 3). Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson.

Heikkilä, R., Närhi, V., Aro, M., & Ahonen, T. (2009). Rapid Automated Naming and Learning Disabilities: Does RAN Have a Specific Connection to Reading or Not? *Child Neuropsychology*, 15(4), 343-358. <https://doi.org/10.1080/09297040802537653>

Hernández Sampieri, R., Méndez Valencia, S., Mendoza Torres, C. P., & Cuevas Romo, A. (2017). *Fundamentos de investigación* (1.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.

Hernández-Vásquez, R., Córdova García, U., Boy Barreto, A. M., Rodríguez Rojas, M. L., Ponce-Meza, J., & Saavedra-López, M. (2023). An Overview on Electrophysiological and Neuroimaging Findings in Dyslexia. *Iranian Journal of Psychiatry*, 18(4), 503-509. <https://doi.org/10.18502/ijps.v18i4.13638>

- Herrera Pino, J. A., Lewis Harb, S., Jubiz Bassi, N. S., & Salcedo Samper, G. P. (2007). Fundamentos neuropsicológicos de la dislexia evolutiva. *Psicología desde el Caribe*, *19*, 222-268.
- Jacquemot, C., & Bachoud-Lévi, A. (2021). Striatum and language processing: Where do we stand? *Cognition*, *213*, 104785. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104785>
- Jones, M., Branigan, H., & Kelly, M. (2009). Dyslexic and nondyslexic reading fluency: Rapid automatized naming and the importance of continuous lists. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(3), 567-572. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.3.567>
- Kamil, M. L., Pearson, P. D., Moje, E. B., & Afflerbach, P. P. (2011). Handbook of Reading Research. Volumen IV. (1° ed.). Routledge.
- Katzev, M., Tüscher, O., Hennig, J., Weiller, C., & Kaller, C. P. (2013). Revisiting the Functional Specialization of Left Inferior Frontal Gyrus in Phonological and Semantic Fluency: The Crucial Role of Task Demands and Individual Ability. *The Journal of Neuroscience*, *33*(18), 7837-7845. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3147-12.2013>
- Kaya, E. M., & Elhilali, M. (2016). Modelling auditory attention. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *372*, 2016101. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0101>
- Kirby, J. R., Georgiou, G. K., Martinussen, R., Parrila, R., Bowers, P., & Landerl, K. (2010). Naming Speed and Reading: From Prediction to Instruction. *Reading Research Quarterly*, *45*(3), 341-362. <https://doi.org/10.1598/RRQ.45.3.4>

- Kirk, S. (1962). Effects of educational treatment. *Research publications-Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 39, 289.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14456305/>
- Klaus, J., & Hartwigsen, G. (2019). Dissociating semantic and phonological contributions of the left inferior frontal gyrus to language production. *Human Brain Mapping*, 40, 3279-3287. <https://doi.org/10.1002/hbm.24597>
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Wimmer, H., Gruber, W., Röhms, D., Schwaigera, J., & Hutzlerb, F. (2001). Alpha and beta band power changes in normal and dyslexic children. *Clinical Neurophysiology*, 112, 1186-1195.
[https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00543-0](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00543-0)
- Knop-van, C., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). How phonological awareness mediates the relation between working memory and word reading efficiency in children with dyslexia. *Dyslexia*, 24, 156-169.
<https://doi.org/10.1002/dys.1583>
- Koessler, L., Maillard, L., Vignal, J. P., Felblinger, J., Vespignani, H., & Braun, M. (2009). Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical correlation via the international 10–10 system. *NeuroImage*, 46, 64-72.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.02.006>
- Koh, K. L., & Ahad, N. A. (2020). Normality for Nonnormal Distributions. *Journal of Science and Mathematics Letters*, 8(2), 51-60.
<https://doi.org/10.37134/jsml.vol8.2.7.2020>
- Krasowicz-Kupis, G., Borkowska, A., & Pietras, I. (2009). Rapid automatized naming, phonology and dyslexia in Polish children. *Medical Science Monitor*, 15(9), CR460-9. <https://doi.org/10.12659/MSM.952454>

- Kudo, M., Lussier, C., & Swanson, H. (2015). Reading disabilities in children: A selective meta-analysis of the cognitive literature. *Research in Developmental Disabilities, 40*, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.01.002>
- Kwak, S. G., & Kim, J. H. (2017). Central limit theorem: the cornerstone of modern statistics. *Korean Journal of Anesthesiology, 70*(2), 144-156. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.2.144>
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51*, 287-294. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x>
- Lefèvre, E., Cavalli, E., Colé, P., Law, J. L., & Sprenger-Charolles, L. (2023). Tracking reading skills and reading-related skills in dyslexia before (age 5) and after (ages 10–17) diagnosis. *Annals of Dyslexia, 73*, 260-287. <https://doi.org/10.1007/s11881-022-00277-x>
- Lewandowska, M., Milner, R., Ganc, M., Włodarczyk, E., & Skarżyński, H. (2014). Attention Dysfunction Subtypes of Developmental Dyslexia. *Medical Science Monitor, 20*, 2256-2268. <https://doi.org/10.12659/MSM.890969>
- Libon, D. J., Swenson, R., Tобыne, S., Jannati, A., Schulman, D., Price, C. C., Lamar, M., & Pascual-Leone, A. (2024). Dysexecutive difficulty and subtle everyday functional disabilities: the digital Trail Making Test. *Frontiers in Neurology, 15*:1354647. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1354647>
- Lockhofen, D. E. L., & Mulert, C. (2021). Neurochemistry of Visual Attention. *Frontiers in Neuroscience, 15*: 643597. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.643597>

- Lohvansuu, K., Hämäläinen, J. A., Ervast, L., Lyytinen, H., & Leppänen, P. H. T. (2018). Longitudinal interactions between brain and cognitive measures on reading development from 6 months to 14 years. *Neuropsychologia*, *108*, 6-12. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.11.018>.
- Lovett, M. C., Reder, L. M., & Lebiere, C. (1999). Modeling working memory in a unified architecture: An ACT-R perspective. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 135–182). Cambridge University Press.
- Lum, J., Ullman, M., & Conti-Ramsden, G. (2013). Procedural learning is impaired in dyslexia: Evidence from a meta-analysis of serial reaction time studies. *Research in Developmental Disabilities*, *34*, 3460-3476. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.07.017>
- Luniewska, M., Chyl, K., Debska, A., Banaszkiwicz, A., Zelechowska, A., Marchewka, A., Grabowska, A., & Jednoróg, K. (2019). Children With Dyslexia and Familial Risk for Dyslexia Present Atypical Development of the Neural Phonological Network. *Frontiers in Neuroscience*, *13*: 1287. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01287>
- Maisog, J., Einbinder, E., Flowers, L., Turkeltaud, P., & Eden, G. (2008). A Meta-analysis of Functional Neuroimaging Studies of Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1145*, 237-259. <https://psycnet.apa.org/record/2009-01262-017>
- Margulis, L. E., Squillace, L., Mario, R., & Ferreres, A.R. (2018). Baremo del Trail Making Test para Capital Federal y Gran Buenos Aires. *Revista Argentina*

de *Ciencias del Comportamiento*, 10(3), 54-63.

<https://www.redalyc.org/journal/3334/333464720003/html/>

Martin, J. D., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Redick, T. S., Bunting, M., & Engle, R. W. (2020). The Role of Maintenance and Disengagement in Predicting Reading Comprehension and Vocabulary Learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(1), 140-154. <https://doi.org/10.1037/xlm0000705>

Maureira, F., Díaz, H., Flores, E., Gavotto, O., & Hadwen, M. (2020). Variaciones de las dinámicas no lineales de las ondas gamma durante la resolución de una prueba de atención tras la aplicación de ejercicio físico. *Retos*, 320-325.

<https://revistaretos.org/index.php/retos/article/view/73032/45588>

Mayor, L. C., Burneo, J., & Ochoa, J. G. (2013). Manual de electroencefalografía. (1° ed.). Ediciones Uniandes.

Mazeiro, S., Tallet, J., Bellocchi, S., Jover, M., Chaix, Y., & Jucla, M. (2020). Influence of comorbidity on working memory profile in dyslexia and developmental coordination disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 42(7), 660-674.

<https://doi.org/10.1080/13803395.2020.1798880>

Mejía, L., & Eslava, J. (2008). Conciencia fonológica y aprendizaje lector. *Acta Neurológica Colombiana*, 24, S55-S63.

<https://www.actaneurológica.com/index.php/anc/article/view/1593>

- Melby-Lervåg, M., Halaas, S., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322-352. <https://doi.org/10.1037/a0026744>
- Meneses-Meneses, A. Y., Flores-Paredes, E. G. & Poenitz, V. (2023). Trail Making Test TMT: Primera aproximación a las propiedades psicométricas en población ecuatoriana adulta. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 32(2), 49-54. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-25812023000200049
- Messer, D., Henry, L. A., & Nash, G. (2016). The relation between executive functioning, reaction time, naming speed, and single word reading in children with typical development and language impairments. *British Journal of Educational Psychology*, 86(3), 412-428. <https://doi.org/10.1111/bjep.12115>
- Meyer, A., Hackert, B., & Weger, U. (2018). Franz Brentano and the beginning of experimental psychology: implications for the study of psychological phenomena today. *Psychological Research*, 82(2), 245-254. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0825-7>
- Meyer, M., Wood, F. B., Hart, L. A., & Felton, R. H. (1998). Selective Predictive Value of Rapid Automated Naming in Poor Readers. *Journal of Learning Disabilities*, 3(2), 106-117. <https://doi.org/10.1177/002221949803100201>
- Miller, E. K., Lundqvist, M., & Bastos, A. M. (2018). Working Memory 2.0. *Neuron*, 100, 463-475. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.09.023>

- Milne, D., Hamm, J. P., Kirk, I. J., & Corballis, M.C. (2003). Anterior-posterior beta asymmetries in dyslexia during lexical decisions. *Brain & Language*, *84*, 309–317. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(02\)00557-6](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(02)00557-6)
- Ministerio de Educación de Chile. (2010). Decreto N°170. Fija normas para determinar los alumnos con necesidades educativas especiales que serán beneficiarios de las subvenciones para educación especial. Extraído de: https://especial.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/31/2018/06/DTO-170_21-ABR-2010.pdf
- Montero, I., & León, O. (2007). A guide for naming research studies in Psychology. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, *7*(3), 847-862. https://www.aepc.es/ijchp/articulos_pdf/ijchp-256.pdf
- Musso, M. F. & Cascallar, E. C. (2025). Optimization of Operation Span Scores using Item Response Theory Information. Proceedings of the *Annual Convention of the Association for Psychological Sciences*, May 22-25, Washington, D.C.
- Musso, M. F. (2009). Funciones ejecutivas y control ejecutivo: una revisión bibliográfica mirando la arquitectura de la mente. *Revista de Psicología*, *5*(9), 106-123. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/5999>
- Musso, M. F., Lieste, E. C., & Duarte, C. (2012). Procesos cognitivos, estrategias de aprendizaje y competencias: un estudio descriptivo en estudiantes universitarios. *Revista Científica de UCES*, *16*(2), 127-144. <https://dspace.uces.edu.ar/jspui/handle/123456789/1908>
- Musso, M. F., Kyndt, E., Cascallar, E. C., & Dochy, F. (2013). Predicting general academic performance and identifying the differential contribution of

- participating variables using artificial neural networks. *Frontline learning Research*, 1, 42-71. <http://dx.doi.org/10.14786/flr.v1i1.13>
- Musso, M., Boekaerts, M., & Cascallar, E. (2019). Individual differences in basic cognitive processes and self-regulated learning: Their interaction effects on math performance. *Learning and Individual Differences*, 71, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.03.003>
- Musso, M. F., Hernández, C. F. R. & Cascallar, E. C. (2020). Predicting key educational outcomes in academic trajectories: a machine-learning approach. *Higher Education*, 80, 875–894. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00520-7>
- Musso, M. F., & Cascallar, E. C. (2024). Machine Learning Applications for Early and Real-Time Warning Systems in Education. In Myint Swe Khine (Ed.). *Machine Learning in Educational Sciences: Approaches, Applications and Advances*. Springer Nature. ISBN 978-981-99-9378-9
- Newbury, J., Justice, L. M., Jiang, H. H., & Schmitt, M.B. (2020). Cognitive, Noncognitive, and Home Environment Correlates of Reading Difficulties in Primary-Grade Students With Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(6), 1933-1946. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00363
- Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid Automatized Naming (RAN) and Reading Fluency: Implications for Understanding and Treatment of Reading Disabilities. *Annual Review of Psychology*, 63, 427-452. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100431>

- Olabarrieta-Landa, L., Rivera, D., Lara, L., Rute-Pérez, S., Rodríguez-Lorenzana, A., Galarza-del-Angel, J., Guia, A., Ferrer-Cascales, R., Velázquez-Cardoso, J., Varillas, A., Ramos-Usuga, D., Chino-Vilca, B., Uriarte, M., Martín-Lobo, P., Cadena, C., Postigo-Alonso, B., Romero-García, I., Barajas, B., Escher, M., & Arango-Lasprilla, J. C. (2017). Verbal fluency tests: Normative data for Spanish-speaking pediatric population. *NeuroRehabilitation*, 41, 673-686. <https://doi.org/10.3233/NRE-172240>
- Olivier, J. P. (2012). "Las escrituras egeas: «jeroglífica» cretense, lineal A, lineal B, chiprominoicas y escrituras silábicas chipriotas del I milenio antes de nuestra era". *Faventia Supplementa 1. Actas del Simposio Internacional: 55 Años de Micenología (1952-2007)*, 15-35. <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/13323731.pdf>
- Ortega-García, J., González-Rodríguez, J., & Marrero-Aguilar, V. (2000). AHUMADA: A large speech corpus in Spanish for speaker characterization and identification. *Speech Communication*, 31(2-3), 255-264. [https://doi.org/10.1016/S0167-6393\(99\)00081-3](https://doi.org/10.1016/S0167-6393(99)00081-3)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2013). *Alfabetización y Educación*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/219157s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2015). *La Educación para Todos, 2000-2015: Logros y Desafíos*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002324/232435s.pdf>
- Palazón, J. (2020). Errores en lectura oral, velocidad lectora y velocidad de denominación en niños con tdah-dislexia, dislexia y desarrollo

- normolector. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2, 139-152.
<https://doi.org/10.17060/ijodaep.2020.n2.v1.1965>
- Parada, A. (2017). Historia de la Lectura. Debate en torno a su definición. *Información, Cultura y Sociedad*, 37, 145-152.
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17402017000200010
- Parkosadze, K., Tatishvii, T., Lomidze, N., & Kunchulia, M. (2019). Issues of visual attention and executive functions in children with dyslexia. *Georgian Medical News*, 2(287), 60-66.
<https://europepmc.org/article/MED/30958290>
- Parmar, S., & Paunwala, C. (2023). Early detection of dyslexia based on EEG with novel predictor extraction and selection. *Discover Artificial Intelligence*, 3(33). <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00082-4>
- Parrila, R., Dudley, D., Song, S., & Georgiou, G. (2020). A meta-analysis of reading-level match dyslexia studies in consistent alphabetic orthographies. *Annals of Dyslexia*, 70(1), 1-26.
<https://doi.org/10.1007/s11881-019-00187-5>
- Peng, P., & Fuchs, D. (2016). A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties: Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities*, 49(1), 3-20. <https://doi.org/10.1177/0022219414521667>
- Pennington, B. F., Santerre-Lemmon, L., Rosenberg, J., MacDonald, B., Boada, R., Friend, A., Leopold, D. R., Samuelsson, S., Byrne, B., Willcutt, E. G.,

- & Olson, R. K. (2012). Individual prediction of dyslexia by single versus multiple deficit models. *Journal of Abnormal Psychology, 121*(1), 212–224. <https://doi.org/10.1037/a0025823>
- Penolazzi, B., Spironelli, C., Vio, C., & Angrilli, A. (2010). Brain plasticity in developmental dyslexia after phonological treatment: A beta EEG band study. *Behavioural Brain Research, 209*, 179-182. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.01.029>
- Perera, H., Shiratuddin, M., & Wong, K. (2018). Review of EEG-based pattern classification frameworks for dyslexia. *Brain Informatics, 5*(4), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40708-018-0079-9>
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience, 35*, 73-89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Piotrowska, B., & Willis, A. (2019). Beyond the global motion deficit hypothesis of developmental dyslexia: A cross-sectional study of visual, cognitive, and socio-economic factors influencing reading ability in children. *Vision Research, 159*, 48-60. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.03.007>
- Pollack, C., & Ashby, N. C. (2018). Where arithmetic and phonology meet: The meta-analytic convergence of arithmetic and phonological processing in the brain. *Developmental Cognitive Neuroscience, 30*, 251-264. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.003>
- Pollatsek, A., & Treiman, R. (2015). *The Oxford Handbook of Reading*. (1 ed.). New York, Estados Unidos: Oxford University Press.

- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review Neuroscience*, 13, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37-63. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.16061>
- Premeti, A., Bucci, M. P., & Isel, F. (2022). Evidence from ERP and Eye Movements as Markers of Language Dysfunction in Dyslexia. *Brain Sciences*, 12(1), 73. <https://doi.org/10.3390/brainsci12010073>
- Puente, A., Alvarado, J. M., Fernández, P., Rosselli, M., Ardila, A., & Jiménez, A. (2016). Assessment of Reading Precursors in Spanish-Speaking Children. *The Spanish Journal of Psychology*, 19(e85), 1-12. <https://doi.org/10.1017/sjp.2016.92>
- Puerta Céspedes, S. A., Pérez, L. E., Joshi, R. M., Bonilla Carreño, M., & Izquierdo Bello, A. H. (2023). Visual/Auditory and Orthographic/Phonological Speed of Processing in Colombian Children with Dyslexia and Average Readers: an ERP Study. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 15(1), e340888. <https://doi.org/10.17533/udea.rp.e340888>
- Puerta, I. C., Dussán, C., Montoya, D. M., & Landínez, D. (2018). Estandarización de pruebas neuropsicológicas para la evaluación de la atención en estudiantes universitarios. *Revista CES Psicología*, 12(1), 17-31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6797203>

- Ramus, F., Altarelli, I., Jednoróg, K., Zhao, J., & Scotto, L. (2018). Neuroanatomy of developmental dyslexia: Pitfalls and promise. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *84*, 434-452. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.08.001>
- Rayner, K., Schotter, E., Masson, M., Potter, M., & Treiman, R. (2016). So Much to Read, So Little Time: How Do We Read, and Can Speed Reading Help? *Psychological Science in the Public Interest*. *17*(1), 4-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615623267>
- Reis, A., Araújo, S., Morais, I. S., & Fátscá, L. (2020). Reading and reading-related skills in adults with dyslexia from different orthographic systems: a review and meta-analysis. *Annals of Dyslexia*, *70*, 339-368. <https://doi.org/10.1007/s11881-020-00205-x>
- Shankar, P., & Paunwala, C. (2023). Early detection of dyslexia based on EEG with novel predictor extraction and selection. *Discover Artificial Intelligence*. *3*(33). <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00082-4>
- Richlan, F. (2019). The Functional Neuroanatomy of Letter-Speech Sound Integration and Its Relation to Brain Abnormalities in Developmental Dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, *13*(21). 1-8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00021>
- Richlan, F. (2020). The Functional Neuroanatomy of Developmental Dyslexia Across Languages and Writing Systems. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*(155). 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00155>

- Ripoll, J. C., & Aguado, G. (2014). La mejora de la comprensión lectora en español: un meta-análisis. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 27-44.
<https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.9001>
- Rodríguez-Hernández, C. F., Musso, M., Kyndt, E., & Cascallar, E. (2021). Artificial neural networks in academic performance prediction: Systematic implementation and predictor evaluation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100018.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100018>
- Rogers, J. M., Savage, G., & Stoodley, M. A. (2018). A Systematic Review of Cognition in Chiari I Malformation. *Neuropsychology Review*, 28, 176-187.
<https://doi.org/10.1007/s11065-018-9368-6>
- Rosselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (2006). Predictores neuropsicológicos de la lectura en español. *Revista de Neurología*, 42(4), 202-210.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1432776>
- Sánchez-Cubillos, I., Perriáñez, J. A., Adrover-Roig, D., Rodríguez-Sánchez, J. M., Ríos-Lago, M., Tirapu, J., & Barceló, F. (2009). Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15, 438-450.
<https://doi.org/10.1017/S1355617709090626>
- Savage, R., Lavers, N., & Pillay, V. (2007). Working Memory and Reading Difficulties: What We Know and What We Don't Know About the Relationship. *Educational Psychology Review*, 19, 185-221.
<https://doi.org/10.1007/s10648-006-9024-1>

- Scarborough, H., & Fowler, A. (1992). The Relationship Between Language Disorders and Reading Disabilities. *American Speech-Language Hearing Association, Special Interests Div. Neurophysiology Speech and Language Disorders*, 3, 12-15.
- Schneps, M. H., Thomson, J. M., Sonnert, G., Ponplun, M., Chen, C., & Heffner-Wong. (2013). Shorter Lines Facilitate Reading in Those Who Struggle. *PLOS ONE*, 8(9), e71161. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071161>
- Schuele, C. M., & Boudreau, D. (2008). Phonological Awareness Intervention: Beyond the Basics. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 39, 3-20. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2008/002](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/002)
- Schuchardt, K., Maehler, C., & Hasselhorn, M. (2008). Working Memory Deficits in Children With Specific Learning Disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 41(6), 514-523. <https://doi.org/10.1177/0022219408317856>
- Seshadri, N. P. G., Geethanjali, B., & Singh, B. K. (2022). EEG based functional brain networks analysis in dyslexic children during arithmetic task. *Cognitive Neurodynamics*, 16(5), 1013-1028. <https://doi.org/10.1007/s11571-021-09769-9>
- Sohrabi, A., & Sohrabi, S. (2017). Normal and Abnormal Reading: Phonology and Dyslexia. *Reading Research Journal*, 1(1), 99-112. https://www.researchgate.net/publication/331963819_Normal_and_Abnormal_Reading_Phonology_and_Dyslexia
- Somers, M. J., & Casal, J. C. (2009). Using artificial neural networks to model nonlinearity: The case of the job satisfaction job performance relationship.

Organizational Research Methods, 12(3), 403–417.

<https://doi.org/10.1177/1094428107309326>

Swanson, H., Zheng, X., & Jerman, O. (2009). Working Memory, Short-Term Memory, and Reading Disabilities. A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Journal of Learning Disabilities*, 42(3), 260-287.

<https://doi.org/10.1177/002221940933195>

Szenkovits, G., & Ramus, F. (2005). Exploring Dyslexics' Phonological Deficit I: Lexical vs Sub-lexical and Input vs Output Processes. *Dyslexia*, 11, 253-

268. <https://doi.org/10.1002/dys.308>

Tejero, P., Insa, B., & Roca, J. (2019). Difficulties of Drivers With Dyslexia When Reading Traffic Signs: Analysis of Reading, Eye Gazes, and Driving Performance. *Journal of Learning Disabilities*, 52(1), 84-95.

<https://doi.org/10.1177/0022219418765766>

Thiebaut, M., Cohen, L., Amemiya, E., Braga, L. W., & Dehaene, S. (2012). Learning to Read Improves the Structure of the Arcuate Fasciculus.

Cerebral Cortex, 24, 989-995. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs383>

Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is Working Memory Capacity Task Dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.

[https://doi.org/10.1016/0749-596X\(89\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0749-596X(89)90040-5)

Turri, C., Di Dona, G., Santoni, A., Zamfira, D. A., Franchin, L., Melcher, D., & Ronconi, L. (2023). Periodic and Aperiodic EEG Features as Potential Markers of Developmental Dyslexia. *Biomedicines*, 1(11), 1607.

<https://doi.org/10.3390/biomedicines11061607>

- Unger, N., Heim, S., Hilger, D. I., Bludau, S., Pieperhoff, P., Cichon, S., Amunts, S., & Mühleisen, T. W. (2021). Identification of Phonology-Related Genes and Functional Characterization of Broca's and Wernicke's Regions in Language and Learning Disorders. *Frontiers in Neuroscience*, *15*, 680762. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.680762>
- Unsworth, N., Heitz, R., Schrock, J., & Engle, R. (2005). An automated version of the operation span task. *Behavior Research Methods*, *37*(3), 498-505. <https://doi.org/10.3758/BF03192720>
- Verschooren, S., Schindler, S., De Raedt, R., & Pourtois, G. (2019). Switching attention from internal to external information processing: A review of the literature and empirical support of the resource sharing account. *Psychonomic Bulletin & Review*, *26*, 468-490. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01568-y>
- Villanueva-Bonilla, C., & Ríos-Gallardo, A. M. (2019). Intervention programs on reading and writing processes in children with learning disorders: A review. *Revista Mexicana de Neurociencia*, *20*(3), 155-161. <https://doi.org/10.24875/RMN.M18000059>
- Villarroel, L. A. (2018). *Métodos Bioestadísticos*. (2ª ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Viñao, A. (2002). La enseñanza de la lectura y la escritura: análisis socio-histórico. *Anales de Documentación*, *5*, 345-359. <https://revistas.um.es/analesdoc/article/view/1891/1881>
- Wehrman, J., Sörensen, S., de Lissa, P., & Badcock, N. A. (2020). EPOC outside the shield: comparing the performance of a consumer-grade EEG device

- in shielded and unshielded environments. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 7(2), 025010. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/abdf37>
- Williams, N., McArthur, G., & Badcock, N. (2021). It's all about time: precision and accuracy of Emotiv event-marking for ERP research. *PeerJ* 9:e10700. <https://doi.org/10.7717/peerj.10700>
- Williams, N., McArthur, G., de Wit, B., Ibrahim, G., & Badcock, N. (2020). A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research. *PeerJ* 8:e9713. <https://doi.org/10.7717/peerj.9713>
- Weiner, K., & Zilles, K. (2016). The anatomical and functional specialization of the fusiform gyrus. *Neuropsychología*, 83, 48-62. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.06.033>
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-Speed Processes, Timing, and reading: A Conceptual Review. *Journal of Learning Disabilities*, 22(4), 387-407. <https://doi.org/10.1177/002221940003300409>
- Wolf, M., & Denckla, M. (2003). *Rapid Automated Naming Tests*. Greenville, SC: Super Duper.
- Wood, G., Willmes, K., Koten, J. W., & Kober, S. E. (2024). Fat tails and the need to disclose distribution parameters of qEEG databases. *PLoS ONE*, 19(1), e0295411. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295411>
- Xue, H., Wang, Z., Tan, Y., Yang, H., Fu, W., Xue, L., & Zhao, J. (2020). Resting-state EEG reveals global network deficiency in dyslexic children.

Neuropsychologia,

138,

107343.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107343>

ANEXOS

ANEXO A. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PADRES

Estimados Padres y/o Apoderados:

Su hijo/a ha sido invitado a participar en el estudio titulado **“Rendimiento cognitivo, lingüístico y electrofisiológico en estudiantes con y sin trastorno de la lectura”**, dirigido por el doctorando Sr. Exequiel Guevara D., y el cual se enmarca en la realización de la tesis del Doctorado en Psicología de la Universidad de Flores, Argentina.

Este formulario de consentimiento explica el estudio de investigación. Por favor, léalo detenidamente. Haga preguntas sobre cualquier cosa que no entienda. Si no tiene preguntas ahora, usted puede hacerlo en cualquier momento, por los medios de contacto que más abajo se detallan. La participación de su hijo(a) en este estudio es completamente voluntaria.

El objetivo de este estudio es analizar las relaciones entre procesos cognitivos, lingüísticos y electrofisiológicos en escolares con y sin trastorno de la lectura.

Este estudio de investigación está dirigido a niños/as de 8 a 13 años de establecimientos educacionales pertenecientes a la Región de La Araucanía, Chile.

Si Usted autoriza a su hijo/a para participar en este estudio, se le aplicarán instrumentos en formato de papel y lápiz, además de la monitorización de su cerebro mientras lee un texto durante un minuto, por medio de un electroencefalograma portátil.

Las evaluaciones que se le realizarán a su hijo/a no tendrán costo para usted y serán llevadas a cabo en el establecimiento educacional.

Los datos obtenidos serán de carácter confidencial, se guardará el anonimato de su hijo/a, y serán organizados con un número asignado a cada escolar, manteniendo la identidad reservada. Los datos estarán a cargo del doctorando Sr. Exequiel Guevara para el posterior desarrollo de informes, presentaciones en congresos y publicaciones dentro de revistas científicas.

Al finalizar el estudio, usted recibirá los resultados de la evaluación de su hijo/a en un sobre cerrado, el cual será entregado a cada estudiante en el establecimiento educacional. Además, se entregará al establecimiento educacional un informe con los resultados globales sin identificar el nombre de los/as participantes.

Cualquier pregunta que desee hacer durante el proceso de investigación, podrá contactarse con el doctorando Sr. Exequiel Guevara D., al correo electrónico: tesis.doctoral.eeg@gmail.com

Comprendiendo la información entregada, acepto que mi hijo/a _____, rut _____ participe voluntariamente de esta investigación.

Nombre Padre/Madre/apoderado(a)

Nombre Investigador

Firma

Firma

Fecha:

ANEXO B. ASENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES

Estimado/a estudiante:

Te invitamos a participar en una investigación que busca conocer algunas habilidades relacionadas con la lectura.

Si aceptas participar, realizarás algunas actividades y pruebas que nos ayudarán a conocer tu desempeño cognitivo y de lenguaje. Asimismo, utilizaremos un equipo llamado electroencefalograma, que se pone sobre tu cabeza y permite registrar la actividad eléctrica de tu cerebro.

Tu participación es voluntaria y si no te sientes a gusto, te puedes retirar sin ningún problema.

La información que obtengamos será confidencial, lo que significa que tu nombre no aparecerá en los resultados de la investigación.

Finalmente, si tienes alguna pregunta, puedes preguntarle al investigador antes, durante o después de la evaluación.

He leído (o me han leído) el presente documento y acepto participar en esta investigación.

Nombre del/la estudiante

Firma

Fecha:

ANEXO C. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

1. Datos de identificación del participante:

Nombre: _____
 Rut: _____
 F. de nacimiento: _____
 Edad: _____
 Sexo: _____
 F. de entrevista: _____

2. Antecedentes académicos y clínicos:

Curso: _____
 Establecimiento: _____
 ¿Ha repetido?: _____ ¿Cuál?: _____
 Posee alguna NEE: _____ ¿Cuál?: _____ ¿Antecedentes? _____
 ¿Pertenece al PIE?: _____
 ¿Posee alguna discapacidad visual o auditiva: _____ ¿Cuál?: _____ ¿Está corregida? _____
 ¿Sabe leer?: _____
 ¿Siente que a su hijo/a le cuesta aprender?: _____ ¿Por qué?: _____

3. Datos de identificación del informante:

Nombre: _____
 Rut: _____
 F. de nacimiento: _____
 Edad: _____
 Sexo: _____
 Parentesco: _____
 N. educacional: _____
 ¿Repitió?: _____
 Domicilio: _____

¿Alguna otra información que sienta relevante de informar?

 Nombre Investigador

 Firma

Fecha: