



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Relación entre el aprendizaje estadístico y la lectoescritura en niños con dislexia en una ortografía transparente**

**Angélica Mateus Moreno**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias  
Bogotá, D.C., Colombia

2019

# **Relación entre el aprendizaje estadístico y la lectoescritura en niños con dislexia en una ortografía transparente**

**Angélica Mateus Moreno**

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

**Magister en Neurociencias**

Directora:

María Fernanda Lara Díaz

Profesora Asociada, Departamento de Comunicación Humana

Línea de Investigación:

Comportamiento Humano

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias

Bogotá, D.C., Colombia

2019

*“Los procesos llevan tiempo”*

## Agradecimientos

A Dios y a la vida por la oportunidad de volver a mi Alma Mater para reinventarme y crecer profesionalmente. A mis papás por ser el motor de este proceso, por entender mi forma de ver el mundo y acompañarme en todo momento. A Miguel por ser fuerza, luz y compañía, pero sobre todo por permanecer desde la cercanía o la distancia durante la realización de este proyecto.

A la Universidad Nacional de Colombia que me ha abierto las puertas a un camino lleno de satisfacciones y retos académicos. A la Dirección de Relaciones Exteriores de la Universidad que me facilitó los medios para poder realizar mi estancia de investigación y de forma especial a la Maestría en Neurociencias, por acogerme y ser el espacio para ser y hacer lo que amo.

A mi directora de tesis por acompañarme desde el inicio en este camino de investigación y amor a las neurociencias, por creer en cada paso de este proyecto, pero sobre todo por su irremplazable amistad y cariño.

Al Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Comunicación, y de forma especial a Conny, a la Profesora Sandra, a mi gran compañera de camino: Profesora Liliana y a mi ingeniero de cabecera: Christian. Sin ustedes no habría sido posible el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad de Granada y de forma especial a sus docentes Gracia Jiménez, Sylvia Defior y Joaquín Vaquero por las constantes pláticas y debates, pero sobre todo por hacerme sentir como en casa durante mi estancia de investigación en esta grandiosa institución.

A los colegios, niños y papás que participaron de este proyecto, porque gracias a ustedes este sueño, es hoy una realidad tangible.

A todas las personas con las que me crucé durante este camino y que de forma directa o indirecta me acompañaron. ¡GRACIAS!

## Resumen

La naturaleza de las dificultades de lectura, específicamente de la dislexia aún no es clara, por ello desde diferentes perspectivas incluida la neurociencia cognitiva, se ha buscado identificar los factores emergentes que se relacionan con la presencia de dicha dificultad, con el fin de mejorar los procesos de identificación y orientar futuras intervenciones terapéuticas. Recientemente se ha descrito el rendimiento en tareas de aprendizaje estadístico (AE) (Spencer, Kaschak, Jones, y Lonigan, 2015) como factor que se relaciona con las habilidades lectoras en ortografías opacas como el inglés, mostrando que niños que presentan dificultades de lectura como la dislexia, presentan un rendimiento menor en AE. Sin embargo, estas relaciones no son muy claras aún en ortografías transparentes como el español, donde existe mayor concordancia en la relación grafema - fonema, por lo que puede existir una menor necesidad de hacer uso de estrategias implícitas para favorecer el proceso de alfabetización. La presente investigación buscó identificar la influencia del aprendizaje estadístico en una ortografía transparente como el español en niños de 9 a 12 años con y sin dislexia y las relaciones que pueden existir con el desempeño en lectura y escritura. Se evidencia un rendimiento menor para tareas de AE en niños con dislexia en comparación con sus controles, siendo la precisión para tareas de AE una variable predictora en procesos de lectura y escritura en español. Esta investigación avanza en el proceso de clarificación sobre la naturaleza de la dificultad y la comprensión de la influencia del AE en el aprendizaje de la lectura y la escritura; de igual forma, favorece la identificación de las dificultades lectoras, su manejo terapéutico y la innovación en prácticas pedagógicas desde la visión del AE.

**Palabras clave:** Aprendizaje estadístico, lectura, movimientos oculares, ortografía transparente, dislexia.

## Abstract

The nature of reading difficulties, specifically of dyslexia is not yet clear, therefore from different perspectives, including cognitive neuroscience has sought to identify emerging factors that are related to the presence of such difficulty, in order to improve processes of identification and guide future therapeutic interventions. Recently, performance in statistical learning tasks (AE) (Spencer, Kaschak, Jones, & Lonigan, 2015) has been described as a factor that relates to reading skills in opaque orthography such as English, showing that children who have reading difficulties like dyslexia, they have a lower performance in AE. However, these relationships are not very clear even in transparent spellings such as Spanish, where there is greater concordance between grapheme and phoneme, so there may be less need to make use of implicit strategies to favor the literacy process. This research seeks to identify the influence of statistical learning in a transparent spelling such as Spanish in children aged 9 to 12 years with and without dyslexia and the relationships that may exist with reading and writing performance. There is a lower performance for AE tasks in children with dyslexia, the accuracy for AE tasks being a predictive variable in reading and writing processes in Spanish. This investigation advances in the process of clarification on the nature of the difficulty and the understanding of the influence of AE in the learning of reading and writing. Likewise, it favors the identification of reading difficulties and their therapeutic management and innovation in pedagogical practices from the AE's perspective.

**Keywords:** Statistical Learning, Reading, Eye Movements, Orthographic transparency, Dyslexia.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>V</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>X</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Justificación</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>11</b>
2.1 Objetivo General.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>3. Marco teórico</b> .....	<b>12</b>
3.1 Lectura y Dislexia .....	12
3.1.1 Generalidades .....	12
3.1.2 Bases neurocognitivas de la lectura y la dislexia .....	15
3.1.3 Modelos de procesamiento de lectura .....	18
3.1.4 Consistencia ortográfica y dislexia .....	22
3.2 Dificultades de escritura en la Dislexia.....	23
3.2.1 Generalidades .....	23
3.3 Aprendizaje y Dislexia.....	24
3.3.1 Generalidades .....	24
3.3.2 Aprendizaje Explícito y Aprendizaje Implícito .....	25
3.3.3 Aprendizaje estadístico .....	26
3.4 Lenguaje y Aprendizaje estadístico.....	36
3.5 Dislexia y Aprendizaje estadístico.....	37
<b>4. Metodología</b> .....	<b>40</b>
4.1 Participantes.....	40
4.1.1 Participantes del estudio .....	40
4.1.2 Criterios de inclusión .....	40
4.1.3 Criterios de exclusión .....	41
4.2 3.2 Instrumentos .....	41
4.3 3.3 Procedimiento .....	52
4.4 Primera fase: .....	53
4.5 Segunda fase: .....	53
4.6 Tercera fase .....	54
a. Recolección y análisis de datos .....	55

---

b.    Análisis estadístico de datos	56
4.7 Consideraciones éticas .....	56
Consentimiento informado y asentimiento	58
<b>5. Resultados.....</b>	<b>59</b>
5.1 Caracterización sociodemográfica de los participantes .....	59
5.2 Análisis estadístico entre grupos: Lenguaje, lectura y escritura.....	60
5.2.1 Nivel de lenguaje	60
5.2.2 Nivel de lectura y escritura	62
5.3 Perfil de desempeño en tareas de AE: Modalidades y estímulos de la tarea.....	66
5.4 Relación entre el desempeño de las tareas de AE y la lectura y escritura.....	69
5.5 Modelos explicativos: Relación AE y lectoescritura .....	71
5.6 Análisis de mediación: Lenguaje Oral y AE .....	77
<b>6. Discusión.....</b>	<b>79</b>
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>87</b>
<b>8. Implicaciones educativas y terapéuticas.....</b>	<b>88</b>
<b>9. Limitaciones del estudio actual y perspectivas futuras .....</b>	<b>89</b>
A. Anexo: Lista de palabras utilizadas para la tarea de AE: VL.....	9-1
B. Anexo: Lista de Palabras utilizadas para la tarea AE: VL.....	9-2
C. Anexo: Lista de palabras utilizadas para la tarea de AE: AL.....	9-1
<b>Bibliografía.....</b>	<b>2</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Circuitos Neuronales que soportan la lectura propuesto por Horowitz-Kraus y Hutton (2015).....	16
Figura 2. Regiones cerebrales que muestran diferencias funcionales y estructurales consistentes en los individuos con dislexia. Traducida de D'Mello y Gabrieli (2018).....	17
Figura 3. Modelo de doble ruta para el procesamiento de la lectura. Adaptado de Coltheart (2005).....	21
Figura 4. Representación esquemática del procesamiento de información en AE. (Frost, Armstrong, Siegelman, y Christiansen, 2015).....	35
Figura 5. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: VNL.....	47
Figura 6. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: ANL.....	48
Figura 7. Reglas de gramática artificial para crear estímulos de la tarea experimental VL.....	49
Figura 8. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: VL.....	50
Figura 9. Reglas de gramática artificial para crear estímulos de la tarea experimental AL.....	51
Figura 10. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: AL.....	51
Figura 11. Boxplot: Nivel expresivo, nivel receptivo y núcleo del lenguaje.....	61
Figura 12. <i>Boxplot</i> : Aciertos en las tareas de lectura: Palabras, pseudopalabras y texto.....	63
Figura 13. <i>Gaze Plot</i> : Lectura de palabras (a, b) y lectura de pseudopalabras (c, d). a y b: Grupo con Dislexia, b y d: Grupo Control.....	65
Figura 14. Boxplot: Aciertos en las tareas de escritura: Palabras y oraciones.....	65
Figura 15. Comparación entre grupos: Aciertos para las tareas de AE.....	68
Figura 16. Comparación entre grupos: Tiempos de reacción para las tareas de AE.....	68
Figura 17. Gráfico de dispersión: Lectura y precisión en tareas de AE.....	73
Figura 18. Gráfico de dispersión: Escritura y precisión en tareas de AE.....	75
Figura 19. Boxplot: Regresión logística: Probabilidad de dislexia.....	76

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Subpruebas del CELF 4 y medidas de lenguaje.....	42
<b>Tabla 2.</b> Subpruebas y niveles de análisis del PROFON.....	43
<b>Tabla 3.</b> Subpruebas y niveles de análisis del PROESC.....	44
<b>Tabla 4.</b> Subpruebas y niveles de análisis del PROLEC-R.....	44
<b>Tabla 5.</b> Fases del estudio actual.....	52
<b>Tabla 6.</b> Caracterización sociodemográfica de los participantes .....	59
<b>Tabla 7.</b> Análisis entre grupos: Tareas de lenguaje.....	61
<b>Tabla 8.</b> Análisis entre grupos: Tareas de Procesamiento fonológico, lectura y escritura.....	62
<b>Tabla 9.</b> Análisis variables Eye tracker: Lectura de palabras, pseudopalabras y texto .....	64
<b>Tabla 10.</b> Análisis entre grupos: Tareas de Aprendizaje Estadístico .....	66
<b>Tabla 11.</b> Matriz de correlación: Lectura y tareas de AE .....	70
<b>Tabla 12.</b> Matriz de correlación: Escritura y tareas de AE .....	71
<b>Tabla 13.</b> Modelo de regresión lineal Múltiple: Lectura como variable dependiente .....	72
<b>Tabla 14.</b> Modelo de regresión lineal Múltiple: Coeficientes del modelo 1 .....	72
<b>Tabla 15.</b> Modelo de regresión lineal Múltiple: Escritura como variable dependiente .....	74
<b>Tabla 16.</b> Modelo de regresión lineal Múltiple: Coeficientes del modelo 2.....	74
<b>Tabla 17.</b> Modelo de regresión logística: Probabilidad de Dislexia .....	76
<b>Tabla 18.</b> Matriz de confusión: Probabilidad de Dislexia .....	77

## Introducción

La lectura es una habilidad fundamental en el ámbito académico y determina el éxito o fracaso a nivel educativo, ya que la mayoría de conocimiento transmitido es presentado por medio de material escrito (Küçükoğlu, 2013). De igual forma, como lo describe Snow (2002) la capacidad de leer bien predice el bienestar económico, el desarrollo personal y social de una persona y de una comunidad en general; por lo que resulta fundamental indagar sobre aquellos procesos que favorecen las habilidades lectoras en los niños, más allá del aprendizaje explícito de la lectura que se da a través de la instrucción formal en la escuela.

En la neurociencia cognitiva y la educación se han descrito las implicaciones evolutivas de las dificultades de la lectura mediante el “*Efecto San Mateo*” (Stanovich, 1989). Este efecto muestra como los niños que presentan un escaso progreso en las primeras etapas de la enseñanza de la lectura, tienden a presentar mayores dificultades durante el desarrollo y uso de esta habilidad a lo largo de la vida, a diferencia de los buenos lectores quienes contarán con experiencias ventajosas que favorecerán su desempeño en su vida académica y profesional. Dicho efecto, sustenta como las diferencias en el rendimiento entre buenos y malos lectores pueden incrementarse a lo largo del tiempo de escolarización (Villagrán et al.,2017).

Una línea crítica de investigación en el ámbito de la neurociencia cognitiva ha sido identificar las habilidades cognitivas que sustentan el aprendizaje de la lectura y comprender los componentes lingüísticos y las habilidades cognitivas que subyacen a su desarrollo y especialización (Duff, Reen, Plunkett, y Nation, 2015; Reichle, Tokowicz, Liu, y Perfetti, 2011). Es así como la investigación sobre las dificultades de lectura,

específicamente en dislexia ha tenido como objetivo comprender los componentes cognitivos que pueden ser deficientes y que pueden convertirse en causas subyacentes de la dificultad, así como marcadores potenciales para una detección temprana de dichas dificultades (Schmalz, Altoè, y Mulatti, 2017).

Entre las causas de las dificultades de lectura se han descrito factores de riesgo genéticos, ambientales, cognitivos y no cognitivos que interactúan entre sí y pueden variar entre los individuos (Colenbrander, Ricketts, y Breadmore, 2018). En relación a la dislexia se han propuesto múltiples hipótesis con respecto a los déficit que presentan estos niños, que van desde déficits en los sistemas sensoriales primarios de nivel inferior hasta la disfunción en los sistemas lingüísticos de orden superior (Morton y Frith, 2001).

Ahora bien, los seres humanos vivimos en un mundo lleno de regularidades estadísticas, que nos permiten predecir, anticipar e hipotetizar información para actuar y responder a las demandas del medio. Este aprendizaje implícito de regularidades se conoce como aprendizaje estadístico (AE) y juega un papel clave en la detección de regularidades y cuasi-regularidades en el entorno. El AE permite discriminar, categorizar y segmentar información continua, favoreciendo procesos de predicción y anticipación, así como la formación de representaciones mentales (Frost et al., 2015).

Las ortografías contienen regularidades en muchos niveles, y los estudios han demostrado que los lectores desarrollan sensibilidades hacia ellas (Schmalz, Moll, Mulatti, y Schulte-Körne, 2019). Actualmente, la investigación en torno a la lectura se ha centrado cada vez más en la concepción de la escritura como un sistema que se puede caracterizar por las regularidades estadísticas que presenta (Sawi y Rueckl, 2019), ya que al igual que el lenguaje oral permite realizar mapeos entre las propiedades ortográficas, fonológicas, morfológicas y semánticas que contienen las palabras impresas.

Estudiar la lectoescritura desde esta perspectiva, requiere como lo describen Harm y Seidenberg (2004) conceptualizar la lectura como un ejercicio de aprendizaje estadístico, comprendiendo que los niños desde que inician su acceso al código lecto escrito presentan múltiples desafíos de aprendizaje de regularidades estadísticas del código que requieren de un aprendizaje tanto implícito como explícito.

En relación específica con la dislexia, se ha descrito el déficit de origen fonológico como una característica fundamental de esta dificultad (Lyon, Shaywitz, y Shaywitz, 2003). En este contexto, los niños con dislexia presentan fallas en distintas habilidades relacionadas con la conciencia fonológica, la memoria fonológica y errores en la percepción del habla (Cabbage, Farquharson, Iuzzini-Seigel, Zuk, y Hogan, 2018), siendo este déficit fonológico encontrado en todas las lenguas en que se ha estudiado, variando su impacto de acuerdo al tipo de ortografía estudiada.

No obstante, recientemente se ha propuesto que un déficit en el aprendizaje estadístico puede ser la base de la dislexia (Schmalz et al., 2017). Diferentes estudios han reportado diferencias grupales en el desempeño en tareas de aprendizaje estadístico entre niños y adultos disléxicos y sus controles (Pavlidou y Williams, 2010; Stoodley, Harrison, y Stein, 2006; Vicari et al., 2005), así como puntuaciones significativamente más bajas en tareas de AE que miden la sensibilidad a la estructura estadística en niños con dislexia en relación a niños con desarrollo típico (Sawi y Rueckl, 2019).

Las diferencias entre la profundidad ortográfica de las lenguas, descrita como la complejidad, consistencia o transparencia de las correspondencias grafema-fonema en el lenguaje alfabético escrito (Frost, Katz, y Bentin, 1987) marcan diferencias fundamentales en el aprendizaje estadístico, puesto que ortografías más profundas requerirán de un mayor dominio de aprendizaje de regularidades de forma implícita, que ortografías transparentes, donde el aprendizaje suele darse de forma explícita.

Una ortografía opaca (altamente compleja o inconsistente) como el inglés, tenderá a requerir de otros mecanismos implícitos para aprender las reglas probabilísticas que

rigen dicha lengua (Nigro, Jiménez-Fernández, Simpson, y Defior, 2015). Esto es, porque en este tipo de ortografías, se presenta un mapeo de grafemas a fonemas, en el que un fonema puede representarse por diferentes grafemas, debido a las irregularidades fonológicas y gramaticales propias de la lengua.

En contraste, una ortografía transparente como el finlandés o el español, que presenta un perfil consistente de grafemas a fonemas así como una mayor regularidad del principio alfabético (Seymour, Aro y Erskine, 2003), podría solamente requerir de una enseñanza explícita para adquirir dichas regularidades. Sin embargo, el sistema de escritura en español, contiene varias inconsistencias (g, s, c, etc) en las que las asignaciones de fonema a grafema no siempre son suficientes para producir una ortografía correcta (Nigro et al., 2015).

Debido a estas inconsistencias y otras excepciones ortográficas, el conocimiento fonológico no es suficiente para lograr el dominio de la lectoescritura en una lengua transparente como el español. Por lo tanto, se hace necesario aplicar otras fuentes de conocimiento sobre semántica, morfología y ortografía aparte de las correspondencias fonológicas, como el conocimiento léxico y las regularidades grafotácticas que se refieren a combinaciones de letras permitidas para esa lengua específica y que se aprenden de forma implícita por medio del AE.

Por todo ello se hace necesario investigar más a fondo la relación entre el AE y la lectura y escritura en una ortografía transparente como el español, donde existen pocos datos empíricos sobre la importancia de procesos implícitos como el AE para favorecer el desempeño lecto escrito. De igual forma, es importante indagar si existe un perfil diferencial en tareas de aprendizaje estadístico en niños con dislexia y cuál es el grado de influencia en la lectura y escritura en español, reconociendo que la primera presenta mayor regularidad en la concordancia grafema-fonema, a diferencia de la segunda donde existe menor concordancia y puede requerir del conocimiento de propiedades estadísticas y probabilísticas del español aprendidas de forma implícita para responder a demandas escritas.

Este campo de investigación permitirá reconocer qué otros procesos influyen en el aprendizaje de la lectoescritura en español y de esta forma ayudará a favorecer procesos de diagnóstico temprano, así como pautas de intervención que logren dar respuesta a la alta prevalencia de niños hablantes del español con dificultades de lectura.

# 1. Justificación

Comprender como se procesan habilidades como el lenguaje, la lectura y la escritura es fundamental para explicar cómo se dan los procesos de aprendizaje en la escuela y para favorecer su desarrollo. No obstante, identificar como se da este proceso sigue siendo un desafío en las ciencias cognitivas.

El aprendizaje estadístico ha sido descrito desde hace 20 años por Saffran (1996), no obstante, como lo describe Perruchet y Pacton (2006) la investigación sobre AE está "*creciendo exponencialmente*" en los últimos años. Este crecimiento investigativo en AE, se debe a su relevancia no solo en el desarrollo de procesos cognitivos superiores como el lenguaje, sino en habilidades de alfabetización como la lectura y escritura en diferentes idiomas.

Diferentes investigaciones han descrito el rol del AE en el lenguaje, encontrando como los niños desde que nacen presentan una alta sensibilidad a relaciones probabilísticas entre las unidades del lenguaje, descubriendo patrones de sonidos, palabras y los principios de la gramática (Conway, Bauernschmidt, Huang, y Pisoni, 2010).

Ahora bien, la adquisición de habilidades de alfabetización es un hito educativo fundamental para los niños quienes pasar de "aprender a leer" a "leer para adquirir conocimiento en otras áreas" convirtiéndose en fuertes predictores del futuro éxito académico y social (Beck, McKeown, y Kucan, 2013). Es por esto, que resulta imperativo comprender los mecanismos involucrados en la adquisición de habilidades lecto escritas identificando no solo las habilidades que con mayor frecuencia se relacionan con la lectura como es el conocimiento fonológico, sino también otros componentes implícitos como el AE que se ha vinculado recientemente con la alfabetización (Arciuli y Simpson, 2012).

Dentro de las investigaciones más relevantes entorno al AE y la lectoescritura, Treiman (1993) encontró evidencia de que los niños de habla inglesa tenían algún

---

conocimiento implícito sobre los patrones grafotácticos desde el primer grado. Este autor analizó la escritura espontánea de 43 niños y descubrió que sus errores ortográficos reflejaban algún conocimiento sobre dónde podían colocarse las consonantes dobles y qué consonantes no podían duplicarse.

Pacton, Perruchet, Fayol, y Cleeremans (2001) proporcionaron evidencia de que el conocimiento ortográfico sobre las regularidades grafotácticas se puede adquirir y utilizar implícitamente desde muy temprano en la escuela. Estos autores, encontraron que los niños franceses de primero a cuarto de primaria eran sensibles a la frecuencia de las consonantes dobles.

En otra investigación, Arciuli y Simpson (2012) evaluaron a niños y adultos en una tarea de aprendizaje estadístico visual y recopilaron medidas de lectura estandarizadas. Los participantes que fueron más sensibles a los patrones estadísticos en la tarea visual también mostraron mejores habilidades de lectura, sugiriendo un vínculo entre una capacidad de aprendizaje estadístico de dominio general y los resultados de la lectura en inglés, proporcionando así una importante fuente de evidencia para la naturaleza estadística de la adquisición temprana de la lectura. Como se observa, existen diferentes investigaciones que relacionan el lenguaje y la lectoescritura en idiomas opacos como el francés o el inglés. A pesar de esto, se ha realizado poca investigación para determinar si lo mismo sucede en ortografías transparentes como el español (Nigro et al., 2015).

En relación con la capacidad de vocabulario y el rendimiento en tareas de AE, Evans et al. (2009) demostraron que una capacidad de AE más alta se relaciona con un aumento en el crecimiento del vocabulario en niños de edad primaria y el crecimiento del vocabulario se ha relacionado con la capacidad de lectura. Ellos examinaron a niños de habla inglesa con dificultades de lenguaje, encontrando que estos se desempeñaban peor en tareas de AE y requirieron mayor tiempo durante la etapa de familiarización con los estímulos. De igual forma mostraron que el rendimiento de AE se correlacionó positivamente con el rendimiento en las pruebas estandarizadas de vocabulario, tanto en niños con deterioro del lenguaje específico y sus controles.

Así mismo, se ha encontrado que, en el procesamiento de la lectura y escritura en lenguajes transparentes, los niños pequeños no solo aprenden las correspondencias entre el fonema y el grafema que se enseña de forma explícita en la escuela, sino que también aprenden regularidades grafotácticas (posición y combinación permisible o frecuente de las letras en una lengua específica) y morfológicas (unidades subléxicas de significado mediante mecanismos implícitos). Sin embargo, hay poca investigación centrada en cómo se adquieren realmente estas regularidades y cuál puede ser la relación entre las habilidades de aprendizaje implícito y las habilidades de alfabetización en esta población (Nigro et al., 2015).

En la investigación de Nigro et al (2015) realizada con niños españoles de grado tercero, se presentaron una serie de pseudopalabras que contenían reglas grafotácticas en español no enseñadas y luego se evaluaron para determinar su aprendizaje. En esta investigación no se encontraron correlaciones entre el nivel de AE de los participantes y su desempeño en tareas de lectura, pero sí en tareas de escritura, sugiriendo que el aprendizaje estadístico está fuertemente relacionado con la adquisición de regularidades fonológicas y léxicas que inciden de forma directa en la escritura, al presentar menores concordancias que requieren ser aprendidas de forma implícita. Esta investigación, es una primera aproximación a lo que sucede en ortografías transparentes, e ilustra como a pesar de que no se encuentra una fuerte relación entre AE y lectura, mecanismos de aprendizaje implícitos pueden desempeñar un papel en la escritura y en la adquisición del conocimiento léxico.

Actualmente, existe suficiente evidencia sobre la relevancia del AE en lenguas opacas como el inglés, donde para un mismo sonido existen múltiples formas gráficas de representación, afectando el proceso de adquisición de la lectoescritura y que requieren de un aprendizaje implícito a través de la exposición a las reglas de la lengua. No obstante, no se conoce claramente el rol del aprendizaje estadístico para lenguas transparentes como el español que presentan una relación más directa en la conversión fonema – grafema pero que presentan también algunas regularidades estadísticas que no se enseñan de forma explícita y que requieren de un aprendizaje implícito a través de la exposición al material letrado.

De igual forma, se ha descrito que el rendimiento en las tareas de AE puede variar según los estímulos utilizados, ampliando un gran debate entre si se considera un constructo de dominio general o específico (Siegelman y Frost, 2015). No obstante, se ha propuesto que el AE puede presentar un dominio específico por modalidad de presentación (visual /auditiva) e información recolectada (verbal/ no verbal) que puede influir de manera diversa en procesos lecto escritos (Siegelman y Frost, 2015; Sawi y Rueckl, 2019)

Elleman et al. (2019) resaltan la importancia del AE de dominio específico, para explicar las dificultades de lectura y ortografía que presentan los niños con dislexia. Estos autores encuentran relevante estudiar el AE desde distintas modalidades de presentación. En esta misma línea investigativa, Sawi y Rueckl (2019) describen como la evidencia emergente sobre AE sugiere que la variabilidad en las tareas de AE refleja el funcionamiento de mecanismos de aprendizaje específicos de modalidad o dominio. A partir de esta suposición, estos autores sugieren que la relación entre AE y lectura puede depender de las características de las tareas utilizadas para medir dicho aprendizaje.

A partir de los estudios revisados entorno al AE y los procesos de alfabetización, es fundamental aportar conocimiento teórico que permita comprender como este mecanismo influye en procesos de lectoescritura en ortografías transparentes y que otras variables lingüísticas Inter sujeto o de modalidad de la tarea de AE influyen en el desempeño de niños con dislexia.

Es por eso, que la presente investigación, tiene como objetivo caracterizar la relación entre el AE y la lectoescritura en niños con dislexia entre 9 y 12 años hablantes de español, a partir de tareas de AE que combinen tanto la modalidad visual como la modalidad auditiva.

En el marco de este panorama de investigación el presente estudio formula las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el perfil de desempeño en tareas de AE y cómo se comportan las diferentes modalidades y estímulos utilizados en el rendimiento de niños con y sin dislexia en español?
- ¿Existe relación entre el desempeño en tareas de AE y la lectura y escritura en niños con dislexia en español?
- ¿Hasta qué punto el AE puede predecir el desempeño lector y escrito de los niños con y sin dificultades de lectura?
- ¿Existen factores lingüísticos y no lingüísticos que estén mediando en la relación entre AE y lectoescritura en niños con dislexia?

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Identificar la relación entre Aprendizaje Estadístico y lectoescritura en una ortografía transparente como el español en una población de niños colombianos entre 9 y 12 años con y sin dislexia.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el perfil de desempeño en tareas de AE de niños con dislexia en comparación con un grupo control.
- Reconocer si existe un patrón de desempeño diferencial en tareas de AE de modalidad visual y auditiva con estímulos lingüísticos y no lingüísticos en niños con y sin dislexia.
- Identificar si existe relación entre el desempeño de tareas de AE y el desempeño lector y escrito en niños con dislexia.
- Describir hasta qué punto el AE puede predecir el desempeño lectoescrito en niños con dislexia.
- Analizar factores lingüísticos que estén influyendo en el rendimiento en tareas de AE en niños con y sin dislexia.

## **3. Marco teórico**

En este capítulo se desarrollará el Marco Teórico organizado en cuatro apartados. El primer apartado realiza una revisión de los principales conceptos alrededor de la lectura y la dislexia, así como los modelos de procesamiento que se han estudiado y las bases neurocognitivas en lectores típicos y con dificultades de lectura. En el segundo, se realiza una exploración de las principales dificultades de escritura que presentan los niños con dislexia. En el tercer apartado se profundiza el tema de aprendizaje y dislexia, describiendo los conceptos de aprendizaje implícito y explícito, así como de aprendizaje estadístico. Finalmente, en el cuarto y quinto apartado se describen las principales relaciones halladas en la literatura sobre lenguaje y AE y dislexia y AE.

### **3.1 Lectura y Dislexia**

#### **3.1.1 Generalidades**

La lectura es una habilidad compleja que se aprende paulatinamente a través de la exposición y enseñanza explícita en la escuela, y como lo describen Norton, Beach, y Gabrieli (2015) requiere la integración de múltiples procesos visuales, lingüísticos, cognitivos y atencionales, que permiten al niño aprender a identificar letras, mapear la información ortográfica y fonológica para reconocer las palabras y acceder directamente a la pronunciación y significado de las mismas. Es por esto, que aprender a leer se convierte en un hito fundamental en la vida de un niño y la capacidad de leer, en un fuerte predictor de resultados académicos posteriores (Torkildsen, Arciuli, y Wie, 2019).

Ahora bien, cuando existen fallas en este proceso de aprendizaje de la lectura, muchos niños no logran hacer asociaciones consistentes entre los diferentes grafemas y fonemas. A esa dificultad se le llama dislexia, y actualmente se define como una dificultad específica de aprendizaje de origen neurobiológico que afecta del 5% al 12% de la población y se caracteriza por dificultades en el reconocimiento preciso y/o fluido

de palabras, así como por fallas a nivel ortográfico y de decodificación del lenguaje escrito (Lyon et al., 2003).

En las ortografías transparentes como el español, donde hay una alta concordancia entre grafema y fonema, las principales manifestaciones de la dislexia son: poca fluidez lectora y dificultades de ortografía, guardando relación con los predictores de lectura en otras ortografías, como lo son el conocimiento de las letras, el conocimiento de los fonemas y las habilidades de denominación rápida (Hulme y Snowling, 2016).

Dentro de este paradigma contextual, Nigro, Jiménez-Fernández, Simpson, y Defior (2016) describen que una de las características de la dislexia es la incapacidad de automatizar los patrones escritos a pesar de la exposición repetida a la impresión, por lo que sugieren que los niños con dislexia pueden presentar un déficit de aprendizaje implícito de patrones grafotácticos.

Aunque todavía no hay consenso sobre las causas de la dislexia, la explicación cognitiva más ampliamente aceptada, es que se deriva de un déficit fonológico subyacente (Stavonich y Siegel, 1994). Según esta teoría, este déficit se debe al deterioro de representaciones fonológicas del lenguaje y el acceso a estas representaciones (Snowling, 2001), que hace que los niños con dislexia presenten dificultades para crear representaciones fonémicas específicas para cada grafema, independientemente de las variaciones lingüísticas y contextuales del idioma (Vandermosten, Wouters, Ghesquière, y Golestani, 2019).

Estos problemas fonológicos, se expresan en una variedad de tareas (conciencia fonológica, memoria de trabajo verbal, tareas de recuperación verbal rápida, etc), con representaciones fonéticas poco especificadas que se consideran la fuente común de las dificultades en la dislexia (Vellutino, Fletcher, Snowling, y Scanlon, 2004)

Hulme y Snowling (2016) describen que los niños con dificultades de habla y lenguaje presentan altas probabilidades de tener dificultades en el proceso de adquisición de la lectoescritura, siendo recurrente encontrar dificultades de lenguaje en niños con dislexia. En esta línea, Bishop y Snowling (2004) sugirieron que la dislexia y el

trastorno del lenguaje se caracterizan por una fonología deficiente (un factor de riesgo compartido para una decodificación deficiente), pero difieren en la medida en que en el trastorno de lenguaje, están implicadas dificultades en otros dominios lingüísticos, como la adquisición de vocabulario y la comprensión.

El modelo de Morton y Frith (2001) supone un buen camino para explicar la dislexia, puesto que modela este trastorno del desarrollo desde varios niveles de descripción: biología, cognición y comportamiento. Desde esta perspectiva, la dislexia parte de un origen genético que conduce a una estructura cerebral diferente, siendo este el componente biológico de la dislexia. Esta estructura cerebral diferente, lleva a que se presenten fallas en el componente cognitivo, que pueden ser explicadas según la teoría canónica de la dislexia, como fallas en el procesamiento fonológico, que a su vez crea el comportamiento observable en los niños y adultos con dislexia como es la incapacidad para leer de forma fluida y precisa.

Este modelo, permite cerrar la brecha entre lo biológico y lo comportamental, dándole relevancia al componente cognitivo, siendo en este nivel donde se evidencian diferentes fallas de procesamiento en personas con dislexia (Gabrieli, 2009). De igual forma, permite identificar la línea causal de las dificultades desde el componente genético ampliamente estudiado en dislexia, hasta las características comportamentales de dicha dificultad de aprendizaje, permitiendo una comprensión más completa de esta condición.

En conclusión, es importante resaltar que la dislexia, no se asocia con dificultades en otras habilidades cognitivas o por falta de instrucción efectiva en el aula; por lo que los niños con dislexia presentan un nivel de inteligencia dentro de la media y se encuentran en contextos escolares apropiados para su edad y grado escolar. No obstante, como lo resalta Lyon et al. (2003) la dislexia trae consigo consecuencias secundarias que pueden incluir problemas en la comprensión lectora y una experiencia de lectura reducida que puede dificultar el desempeño de estos niños en el aula.

### 3.1.2 Bases neurocognitivas de la lectura y la dislexia

Teóricamente, se han descrito dos vías a nivel cerebral que influyen en el procesamiento lector (Horowitz-Kraus y Hutton, 2015). La vía ventral, encargada del procesamiento ortográfico y la vía dorsal, asociada al procesamiento fonológico. En este sentido, la vía dorsal estaría asociada a la corteza temporoparietal involucrada en la conversión grafema - fonema (Pugh, 2006) y la vía ventral a la región occipitotemporal fundamental para la codificación visual y ortográfica (Cohen y Dehaene, 2004)

Estudios de resonancia magnética funcional han demostrado en repetidas ocasiones que la lectura experta de palabras depende en gran medida de una red cortical lateralizada a la izquierda que incluye áreas frontales, temporoparietales y occipitotemporales (Waldie, Wilson, Roberts, y Moreau, 2017). En esta misma línea, Horowitz-Kraus y Hutton (2015) en su revisión concluye que para la lectura de palabras se encuentra activación de las siguientes regiones cerebrales: giro fusiforme, giro frontal superior medial, circunvolución medial, superior y medial temporal, giro supramarginal y giro angular.

Por su parte, la lectura de textos más largos o palabras novedosas implica la activación de mecanismos cognitivos adicionales para facilitar la comprensión y fluidez lectora. Dentro de estos mecanismos, se incluye la participación de áreas de funcionamiento ejecutivo como lo son regiones del lóbulo frontal inferior izquierdo, la circunvolución frontal y el área sensoriomotora superior (Langer, Benjamin, Minas, y Gaab, 2013) y de áreas que ejercen control cognitivo dentro de las tareas de lectura como la corteza prefrontal dorsolateral (Kovelman, Yip, y Beck, 2011).

La figura 1 resume los principales circuitos neuronales que apoyan el procesamiento lector descrito por Horowitz-Kraus y Hutton (2015), donde se visualiza la participación de diferentes áreas de Brodman, evidenciando que la lectura, no es una habilidad que se ubica en un área cerebral específica, sino que implica el funcionamiento coordinado

de diferentes regiones a nivel cerebral para procesar el código escrito y permitir la decodificación, fluidez y comprensión del mismo.

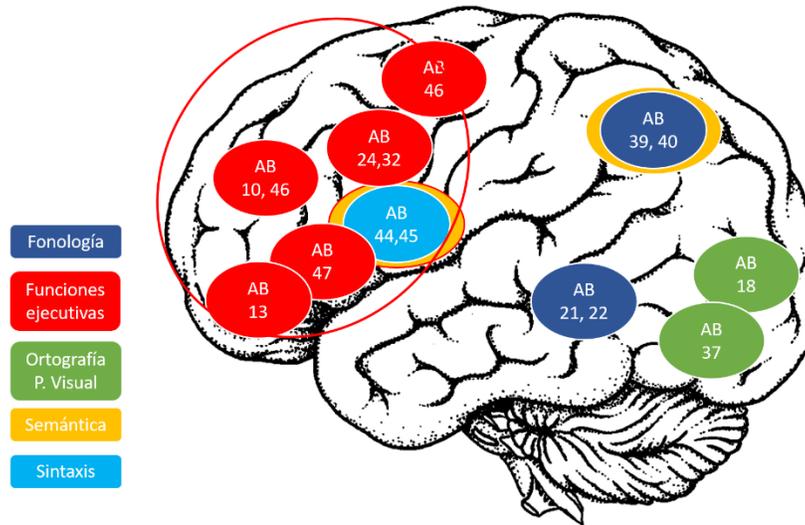


Figura 1. Circuitos Neuronales que soportan la lectura propuesto por Horowitz-Kraus y Hutton (2015).

Al ser la dislexia una dificultad lectora de origen neurobiológico, resulta predecible esperar cambios funcionales y estructurales a nivel cerebral, lo cual se explica en el modelo de Morton y Frith (2001) desde el componente biológico. Norton et al. (2015) describen que en los niños con dislexia se encuentra disminución de la activación de estructuras cerebrales como el giro frontal inferior, el área parietal inferior y el fascículo arqueado. En esta misma línea, Richlan, Kronbichler, y Wimmer (2011) realizaron un metaanálisis a partir de estudios de imagen funcional, encontrando que tanto en adultos como en niños con dislexia existe una reducción en la activación de las áreas occipito-temporales izquierdas.

De igual forma, D'Mello y Gabrieli (2018) resumen que en personas con dislexia se encuentra reducción en la activación funcional, así como en la materia gris y los tractos de materia blanca en el hemisferio izquierdo, resaltando que estas diferencias se encuentran incluso cuando se comparan individuos con dislexia con lectores más

jóvenes que son compatibles con la capacidad de lectura, sugiriendo que la etiología de la dislexia no es simplemente el resultado de un retraso en la maduración (Figura 2).

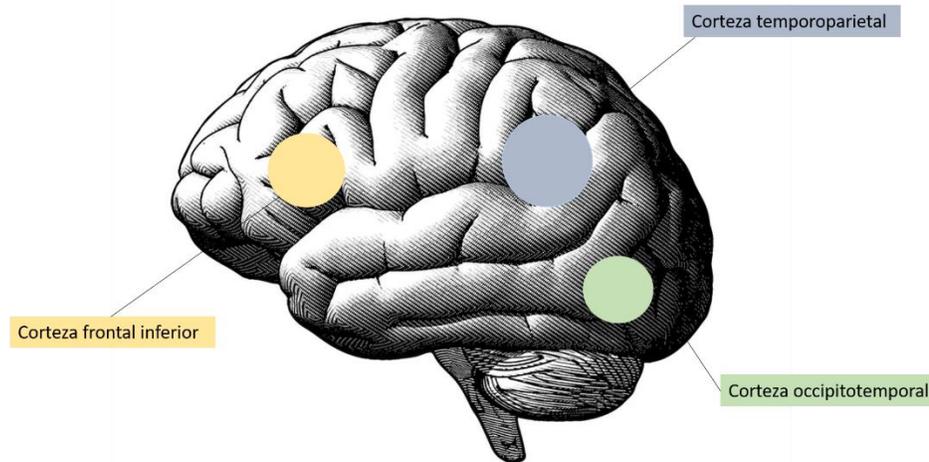


Figura 2. Regiones cerebrales que muestran diferencias funcionales y estructurales consistentes en los individuos con dislexia. Traducida de D'Mello y Gabrieli (2018)

A nivel del hemisferio derecho, Waldie, Haigh, Badzakova-Trajkov, Buckley, y Kirk (2013) investigaron las diferencias de activación entre individuos con y sin dislexia, encontrando que los participantes con dislexia presentaban una hiperactivación en el hemisferio derecho durante tareas de lectura de palabras y pseudopalabras. En este caso, los adultos con dislexia mostraron mayor activación del giro occipital inferior derecho que los controles.

En general, se evidencian cambios significativos a nivel estructural y funcional asociados a la dislexia, encontrando como este es un trastorno de origen neurobiológico que reconfigura la forma en que los niños y adultos procesan palabras, oraciones y textos.

### 3.1.3 Modelos de procesamiento de lectura

Los modelos tienen un papel fundamental en la investigación en lectura, ya que permiten identificar y evaluar teorías sobre cómo se procesa la información lingüística y permite comprender los procesos y representaciones que suceden durante la misma. A continuación, se presentan los modelos teóricos que han sido relevantes dentro del paradigma investigativo en lectura y que explican el procesamiento lector y su afectación en niños con dislexia, siendo este el componente cognitivo descrito desde el modelo de Morton y Frith (2001).

Primero, se presentan los modelos que explican el proceso de comprensión y decodificación del código escrito: *Modelo ascendente y descendente*, seguido de esto, se presenta el *Modelo conexionista* que realiza un aporte significativo entorno a la unificación de los procesos que interfieren durante el acceso a la lectura tanto en niños típicos como en niños con dislexia y finalmente se describe el Modelo que por excelencia ha logrado explicar cómo se reconocen las palabras y las fallas que presentan los niños con dislexia: *Modelo de doble ruta*.

#### a. Modelo de abajo-arriba o ascendente

Según el modelo de abajo-arriba (*bottom - up*) leer comprensivamente supone diferentes procesos en cascada, que inician desde el análisis visual de las palabras y finalizan con la integración del mensaje que se encuentra en el texto con los conocimientos previos del lector. Los procesos se dan de forma lineal y secuencial y como lo describe Holmes (2009) se enfocan en construir el mensaje palabra por palabra.

En este modelo, lo primero que ocurre son los procesos perceptivos. Es allí donde se analizan los signos gráficos escritos y se realiza el proceso de decodificación (Perfetti, 1985) traduciendo los grafemas a fonemas. Después de esto, sucede el procesamiento semántico donde se extrae el significado del código escrito, seguido de procesos de

tipo léxico y sintáctico para llegar finalmente a la comprensión global del texto que se asocia al conocimiento previo (Vieiro y Gómez, 2004).

b. Modelo de arriba – abajo o descendente

Según el modelo de arriba-abajo (*top-down*), el proceso lector no empieza por el reconocimiento de la palabra, por el contrario, se inicia y es guiado por los procesos de comprensión y de operaciones superiores. Este modelo explica que el procesamiento de los niveles superiores afecta a la información procedente de los niveles inferiores, resaltando la importancia de los conocimientos lingüísticos, las experiencias del lector y los recursos metacognitivos a la hora de interpretar un texto (Dickinson y Neuman, 2007).

c. Modelo Interactivo

Este modelo fue descrito por Perfetti (1999). De acuerdo con este autor, la lectura es una actividad compleja en la cual intervienen procesos que interactúan entre ellos. Estos procesos se encargan de hacer el análisis de grafemas, de relacionar o asignar fonemas, de recuperar el significado de las palabras y de extraer el significado de unidades superiores del lenguaje como palabras, frases, párrafos y textos. Además, la comprensión se da a través de mecanismos sintácticos, de representación textual y situacional del texto. Como resultado, el lector integra toda esta información en los esquemas de conocimiento que posee. Al mismo tiempo, estos procesos están mediados por elementos lingüísticos y mecanismos cognitivos como la inferencia y la memoria (Tan y Perfetti, 1998).

Los procesos lingüísticos descritos anteriormente: fonológicos, sintácticos y semánticos se relacionan a su vez con los procesos de comprensión de texto. Los procesos de

comprensión se realizan con la mediación de información lingüística y de información general o de conocimiento del mundo (Perfetti, Landi, y Oakhill, 2005).

d. Modelo de doble ruta

El modelo de doble ruta propuesto por Coltheart (2005) (figura 3) permite hacer simulaciones del proceso de reconocimiento de palabra en un ordenador. De acuerdo con este modelo existen dos vías para llegar desde la palabra escrita al significado y/o pronunciación: *la vía léxica* con la cual se accede a la representación de forma directa al leer la palabra y *la vía subléxica* que requiere la transformación de las letras en sus correspondientes grafemas durante la lectura de palabras.

En este modelo, Coltheart (2005) propone un procesamiento en cascada dentro de ambas rutas, de modo que los distintos niveles de procesamiento durante la lectura pueden funcionar en paralelo.

Según este modelo, a través de la ruta léxica (ruta visual) el lector hace una relación directa entre la forma escrita de la palabra y la representación interna de la misma, accediendo al banco de vocabulario que posee, para así identificar el significado de la palabra. La asociación entre la forma visual de una palabra y su significado es arbitraria y debe ser aprendida por repetición frecuente de la relación entre la forma total de la palabra y su significado (Coltheart, 2005).

Por su parte, la ruta subléxica (ruta fonológica) requiere que el lector analice el conjunto de letras que componen la palabra; posteriormente hace una conversión de cada letra a un fonema a través de reglas de traducción de grafema - fonema. Esta aplicación de reglas no es una correspondencia uno a uno. Para que el lector relacione la forma impresa con la forma fonológica de la palabra, él debe mantener cada código fonémico en la memoria de trabajo y luego ensamblar esa información con la representación fonológica de la palabra completa. Finalmente, cuando el lector identifica la

representación fonológica de la palabra desde el almacén del lenguaje oral, el lector puede acceder al significado (Cuetos y Vega, 2010).

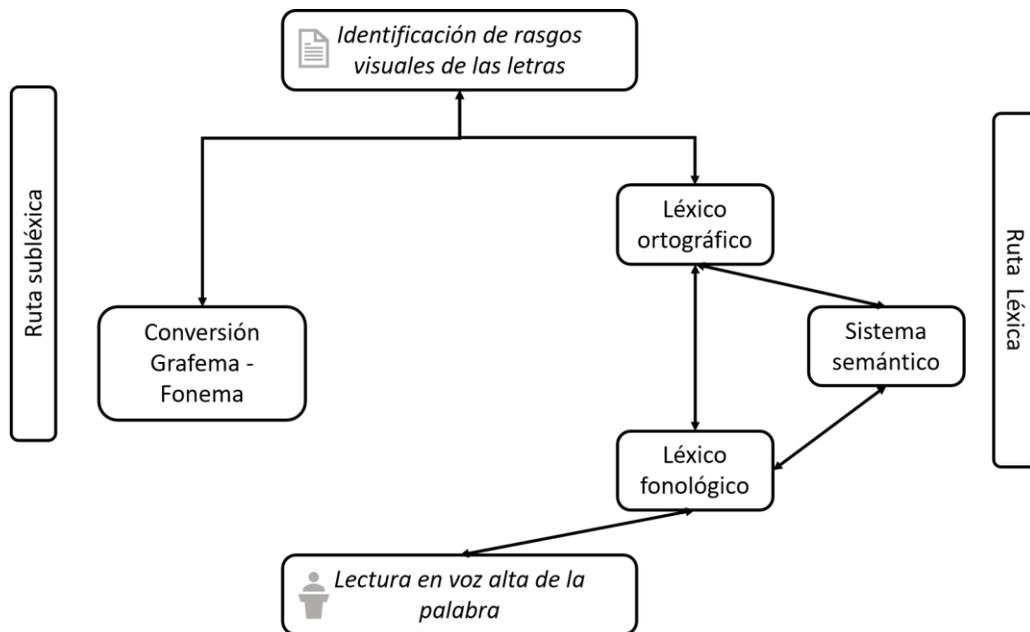


Figura 3. Modelo de doble ruta para el procesamiento de la lectura. Adaptado de Coltheart (2005)

Es justamente a partir de este modelo, que diferentes investigaciones han buscado explicar las dificultades que presentan los niños con dislexia de ortografías transparentes en el acceso al código escrito, donde se evidencian fallas a nivel de la ruta fonológica y la ruta léxica.

Share (2008) señala, que a pesar de que el modelo de doble ruta se realizó en un inicio para explicar las dificultades que podrían tener ortografías opacas en el acceso al código escrito, el aporte más importante que da este modelo para ortografías transparentes, es la distinción que realiza entre palabras visuales familiares (evaluado por la ruta léxica) y desconocidas (evaluado por la ruta subléxica), puesto que aplica tanto a las ortografías transparentes que presentan mayor concordancia y regularidad entre grafema y fonema así como para las ortografías opacas, que son más irregulares.

Bergmann y Wimmer (2008) indagaron sobre las dificultades de lectura presentes en niños con dislexia del desarrollo en una ortografía transparente explicadas a partir del modelo de doble ruta. Estos autores encontraron que los niños con dislexia tuvieron marcadas dificultades en tareas de decisión léxica ortográfica entre palabras y pseudopalabras, resumiendo sus hallazgos en la afectación de tres componentes dentro del modelo de doble ruta: (1) léxico ortográfico empobrecido (2) velocidad lenta para acceder desde la entrada léxico – ortográfica al componente fonológico de la palabra (ruta léxica) (3) velocidad lenta para acceder de los grafemas a fonemas (ruta subléxica).

En este sentido, las dificultades presentadas por niños con dislexia dentro del marco conceptual del modelo de doble ruta, se derivan de déficits tanto en los procesos léxicos como subléxicos, pudiendo presentar como lo describen Ziegler et al. (2008) una combinación de ambos.

### **3.1.4 Consistencia ortográfica y dislexia**

La hipótesis de la profundidad ortográfica descrita por Frost et al. (1987) define el término de profundidad en relación al grado de complejidad, consistencia o transparencia de las correspondencias grafema-fonema en un lenguaje alfabético escrito. Estos autores describen como en las ortografías superficiales, la fonología se genera directamente desde la visualización de la palabra, realizando la correspondencia grafema – fonema, mientras que, en ortografías opacas como el inglés, los procesos fonológicos para la lectura de las palabras se derivan del léxico interno, constituido a través de la experiencia con el lenguaje escrito.

En este sentido, una ortografía profunda (muy compleja, opaca) como el inglés, se caracteriza por reglas dependientes del contexto y efectos morfológicos que resultan en un mapeo de grafemas a fonemas de muchos a muchos. Por el contrario, una ortografía superficial (poco compleja, transparente) como el español, se caracteriza por un mapeo uno a uno consistente de grafemas a fonemas (Seymour et al., 2003).

En relación con la dislexia, Paulesu et al. (2001) concluyeron que un déficit de procesamiento fonológico es un problema universal en la dislexia y causa problemas de alfabetización en ortografías tanto superficiales como profundas. Sin embargo, en los idiomas con ortografía superficial, como el italiano o el español, el impacto es menor y la dislexia tiene una existencia más oculta.

## **3.2 Dificultades de escritura en la Dislexia**

### **3.2.1 Generalidades**

Aprender a escribir implica identificar la apariencia visual de cada uno de los elementos del código escrito, así como dotar a cada una de las palabras de su significado lingüístico (Treiman, 2018), siendo una tarea altamente compleja para niños con dificultades en el proceso lector.

En la dislexia, se ha descrito que los niños presentan constantes errores a nivel escrito, no obstante, como lo mencionan Morken y Helland (2013) se ha prestado menos atención a la caracterización y manejo de dichas dificultades, incluso sabiendo que estos problemas pueden persistir después de que la dificultad en la lectura ha sido remediada o compensada.

Coleman, Gregg, McLain, y Bellair (2009) analizaron los errores ortográficos en una muestra de estudiantes universitarios con y sin dislexia, encontrando que los estudiantes con dislexia exhibieron tasas de error en tareas ortográficas más altas que sus controles.

Rello, Baeza-Yates, y Llisterri (2017) describen que, en español, los errores ortográficos que presentan personas con dislexia van desde sustituciones, siendo este el error más frecuente con un porcentaje que supera el 55% hasta transposiciones (1, 45%). De igual forma, señalan que, con relación a los grafemas, los errores más frecuentes serían: insertar o eliminar una consonante (37.9%), eliminar o insertar una vocal

(37.5%) y sustituir, eliminar o insertar letras que se utilizan para representar un sonido similar (15.4%).

En este sentido, aquellas letras que no mantienen una correspondencia uno a uno entre grafema y fonema en español, por lo que presentan un mayor porcentaje de error al momento de la escritura serían: b y v, g y j, c, s y z y la h.

Es importante resaltar, que los niños con dislexia presentan errores de orden inferior, asociados a las habilidades de transcripción según el modelo inicial de procesamiento escrito presentado por Hayes y Flower (1981), reformulado por Hayes (2012). En este modelo, los niños con dislexia evidenciarían errores en tareas de fluidez ortográfica y habilidades de escritura a mano, estando asociadas estas habilidades con el proceso de transcripción. Por su parte, procesos de orden superior como lo son la planeación y organización de ideas no se verían afectados.

Estos hallazgos se confirman en la investigación realizada por Connelly, Campbell, MacLean, y Barnes (2006) donde concluyen que los estudiantes con dislexia tienen un desempeño más pobre que los controles en las habilidades ortográficas, pero un desempeño similar en las habilidades de planeación y organización de ideas.

### **3.3 Aprendizaje y Dislexia**

#### **3.3.1 Generalidades**

El *aprendizaje* definido como el proceso responsable de actualizar las representaciones internas a partir de entradas específicas y codificar relaciones potenciales entre ellas, mejorando así el procesamiento de esa entrada (Frost et al., 2015), ha sido estudiado de diferentes maneras. A continuación, se describen las principales perspectivas de estudio, iniciando con la diferenciación canónica entre aprendizaje explícito y aprendizaje implícito, seguido por las subsecuentes relaciones entre aprendizaje implícito y aprendizaje estadístico, para finalizar con la relación entre Aprendizaje

Estadístico (AE) y dislexia, siendo el AE la forma que permite reflejar actualizaciones basadas en el descubrimiento de regularidades sistémicas en la entrada sensorial, proporcionando así una descripción de cómo se recogen las propiedades de distribución de entrada en los diferentes dominios y cómo esta forma de aprendizaje podría tener un rol específico en la dislexia.

### **3.3.2 Aprendizaje Explícito y Aprendizaje Implícito**

Reber (1967) categorizó dos formas de aprendizaje que diferían ampliamente en los mecanismos cognitivos subyacentes: el aprendizaje explícito y el aprendizaje implícito. El aprendizaje explícito involucra conciencia y esfuerzo, mientras que el aprendizaje implícito, es independiente de la conciencia durante el proceso y producto de este.

Algunas investigaciones han respaldado las diferencias metodológicas y conceptuales entre el aprendizaje explícito e implícito describiendo como en el aprendizaje explícito, los participantes pueden informar conocimientos adquiridos a diferencia del aprendizaje implícito, donde no logran informar sobre este tipo de conocimiento después de la exposición a los estímulos (Xie, Gao, y King, 2013).

De igual forma, Kaufman et al. (2010) concluyeron que la relación entre la inteligencia y el rendimiento era más fuerte para las tareas de aprendizaje explícito y más débil para las tareas de aprendizaje implícito y que el aprendizaje implícito está relacionado con la velocidad de procesamiento, pero es independiente de la capacidad de memoria de trabajo. Algunos estudios han indicado que las personas con deficiencias basadas en el lenguaje muestran deficiencias en el aprendizaje implícito (Grunow, Spaulding, Gómez, y Plante, 2006).

En los últimos años ha existido un gran interés por el mecanismo de aprendizaje implícito, debido a las demostraciones de la poderosa capacidad del cerebro para aprender asociaciones (Arciuli y Simpson, 2012). Nigro et al. (2015) define el aprendizaje implícito como un proceso inconsciente y sin esfuerzo que permite a un individuo adquirir nueva información por medio de la mera exposición a estímulos. Este tipo de aprendizaje parece desempeñar un papel en la adquisición del lenguaje

tanto en forma oral como escrita, ya que contienen varias regularidades que los humanos pueden aprender con éxito después de la exposición repetida a ellos.

### **3.3.3 Aprendizaje estadístico**

- Generalidades

El cerebro puede detectar regularidades estadísticas en el entorno y usar esta información para hacer predicciones y guiar el comportamiento (Treiman, 2018). En ese proceso, los seres humanos construyen conocimiento de categorías (Ashby y Maddox, 2005), juzgando un evento futuro a partir de la experiencia previa y la disposición de los elementos durante la entrada sensorial.

A esta capacidad se le conoce como Aprendizaje Estadístico (AE) y fue propuesto hace 20 años por Saffran y colaboradores (Saffran, Aslin, y Newport, 1996). Según investigaciones más recientes como la de Arciuli y Simpson (2011), el AE comienza a operar casi tan pronto como el individuo está expuesto a estímulos que contienen asociaciones probabilísticas, y que procede en ausencia de conciencia.

La extracción de propiedades distributivas de la información sensorial a través del tiempo y el espacio proporciona un mecanismo por el cual los sistemas cognitivos descubren la estructura subyacente de dicha estimulación. El AE por lo tanto, juega un papel clave en la detección de regularidades y cuasi-regularidades en el medio ambiente, da como resultado la discriminación, categorización y segmentación de información continua, permite la predicción de eventos futuros y, por lo tanto, da forma a las representaciones básicas que subyacen a una amplia gama de habilidades sensoriales, motoras y cognitivas (Frost et al., 2015).

---

Esta sensibilidad a la información estadística dada a partir de una entrada sensorial se considera cada vez más como la base de numerosas y diversas habilidades perceptivas y cognitivas (Emberson y Rubinstein, 2016).

En este sentido, el AE se cree que es una forma de aprendizaje implícito (Perruchet y Pacton, 2006) ya que el proceso de aprendizaje ocurre en ausencia de conciencia, aun cuando la respuesta a este aprendizaje se pida de forma consciente por medio de tareas de elección forzada. Es así como el AE abarca patrones probabilísticos dentro de los estímulos presentados en la tarea que se relacionan con el éxito o el fracaso en la misma, sin involucrar instrucción directa, refuerzo o retroalimentación.

Aunque existe mucha controversia entre el aprendizaje implícito y el aprendizaje estadístico, es claro que en la actualidad estos dos persiguen el mismo objetivo según lo describe Kirkham, Slemmer, y Johnson (2002) que es el estudio de los mecanismos de aprendizaje de dominio general que actúan en situaciones de aprendizaje incidentales no supervisadas.

La definición de AE, se ha asociado también con el aprendizaje procedimental, aprendizaje motor y aprendizaje de órdenes en serie. No obstante, el término "estadístico" se refiere a tipos específicos de regularidades que pueden ser aprendidas a través de probabilidades estadísticas (Arciuli, 2018).

Estas regularidades estadísticas pueden clasificarse en dos grupos: regularidades condicionales y regularidades distributivas (Thiessen, Kronstein, y Hufnagle, 2013), diferenciándose entre estas, por la forma en que la regularidad aparece dentro de una serie de estímulos objetivo. En el caso de las regularidades condicionales se refieren a la probabilidad de que dos o más elementos coexistan al inicio o al final de la cadena de estímulos, siendo utilizada como una señal para agrupar elementos en estructuras más grandes (Thiessen, 2017). De otro lado, las regularidades estadísticas de distribución, modifican la frecuencia y variabilidad de los estímulos objetivo, siendo una señal que permite agrupar ejemplos dados en categorías (Vandermosten, Wouters, Ghesquière, y Golestani, 2019).

Es importante resaltar, que el AE se usó inicialmente para describir el hecho de que los bebés son sensibles a la probabilidad con la que coexisten las sílabas, y pueden usar esta propiedad para segmentar palabras de un lenguaje fluido, siendo consistente con la idea de la existencia de un dispositivo de aprendizaje estadístico general de dominio que está disponible desde temprana edad (Kirkham et al., 2002). Este hallazgo de que los bebés pudieran usar la estructura estadística de la entrada para aprender la identidad de las palabras, brindó apoyo a las explicaciones teóricas que sugieren que el AE juega un papel importante en la adquisición del lenguaje (Thiessen, 2017).

En esta misma línea, se ha descrito que el AE se encuentra relacionado con diferentes habilidades de orden superior como la alfabetización, identificando que el AE desempeña un papel fundamental en un gran número de actividades perceptivas y cognitivas (Arciuli y Simpson, 2012). Estas probabilidades estadísticas pueden ser espaciales o temporales (Fiser y Aslin, 2002) y la presentación del estímulo contiene una estructura estadística a partir de la modificación de variables como la frecuencia, distribución y probabilidad de asociación del estímulo objetivo (Erickson y Thiessen, 2015).

- Bases neurocognitivas del AE

El AE puede ser visto como una forma de aprendizaje procesal debido a su naturaleza implícita, por lo que se ha vinculado con un conjunto de regiones cerebrales que se han descrito dentro de los procesos de memoria procedimental, como lo son el estriado y los ganglios basales (Poldrack y Rodriguez, 2004).

Investigaciones recientes sugieren que el hipocampo también juega un papel en la codificación y extracción de regularidades durante el AE, apuntando así a un sistema de memoria más expandido (Schapiro, Gregory, Landau, McCloskey, y Turk-Browne, 2014).

Yang y Li (2012) Identificaron los patrones de activación cerebral para dos tipos de aprendizaje: implícito y explícito. Estos autores encontraron que estos dos tipos de aprendizaje implican la activación de un conjunto de estructuras corticales y subcorticales diferentes. Para las tareas de aprendizaje implícito, hubo mayor activación de la red fronto-estrial, específicamente se evidenció activación del caudado, una estructura altamente asociada a tareas de memoria procedimental, mientras que, en tareas de aprendizaje explícito, se evidencio activación de una red que incluye la activación de la ínsula y el precuneus, estructura asociada con la memoria declarativa.

En relación a los estímulos y modalidades usados en las tareas de AE, Turk-Browne, Scholl, Chun, y Johnson (2009) muestran como las regularidades estadísticas de las formas visuales activan redes visuales de nivel superior como la corteza occipital lateral y circunvolución temporal inferior. A nivel auditivo, se ha encontrado que estas regularidades estadísticas provocan la activación de la corteza parieto-temporal inferior izquierda y redes frontotemporales.

Como se ha descrito, las diferentes investigaciones sugieren que al AE activa redes cerebrales asociadas con la memoria implícita que incluye en un inicio redes del neocórtex y el circuito estrial, sumado a redes del lóbulo temporal medial y el hipocampo; observando que estas últimas se desarrollan más lentamente (Sawi y Rueckl, 2019).

- Paradigmas para estudiar el Aprendizaje Estadístico

Con el paso de los años, han surgido diferentes métodos para evaluar el AE como un proceso cognitivo mediante el cual el individuo aprende sobre la frecuencia de la ocurrencia y la repetición de eventos (Romberg y Saffran, 2010). Los paradigmas bien establecidos que examinan la capacidad de detectar regularidades estadísticas son los siguientes:

*a. El tiempo de reacción en serie (SRT) (Nissen y Bullemer, 1987)*

Es una tarea de uso común que mide el aprendizaje implícito y la memoria en el dominio visomotor (Nissen y Bullemer, 1987). En este paradigma existe una retroalimentación incidental dado que los participantes muestran una disminución en la cantidad de tiempo y número de errores al presionar las teclas a medida que aprenden el patrón, sin ser conscientes de que el mismo patrón de ensayos sucesivos se repite una y otra vez (Szegedi-Hallgató, Janacsek, y Nemeth, 2019).

Howard y Howard (1992) señalan que un inconveniente de este diseño, es que el aprendizaje solo se puede evaluar en ciertos espacios durante la prueba (mediante la inserción de bloques de estímulos aleatorios), y que, debido a la simplicidad de las secuencias, las personas pueden darse cuenta de ellas, en cuyo caso la memoria explícita se está midiendo en lugar de o además del aprendizaje estadístico.

*b. Aprendizaje de la Gramática Artificial (AGL) (Reber, 1967):*

El aprendizaje de la AGL es un paradigma ampliamente utilizado para estudiar el AE. Los experimentos de AGL generalmente usan gramáticas de estado finito para generar los estímulos objetivo, donde una transición entre los elementos de dicha gramática produce elementos legales de una secuencia específica de estudio (Conway y Christiansen, 2005) que después es evaluada. En este paradigma, al igual que en paradigma del SRT, los participantes tienen dificultades para verbalizar la elección entre estímulos legales e ilegales, por lo que Reber (1967) lo describió inicialmente como una forma de aprendizaje implícito.

Para la tarea AGL, a los participantes se les muestran cadenas de letras o símbolos. En la primera fase o fase de exposición, se les pide a los participantes que realicen una tarea de atención que les permita ir mirando los elementos presentados. Sin que los participantes lo sepan, las cadenas se crean de acuerdo con un conjunto de reglas (gramática artificial), donde algunas combinaciones de letras o símbolos son legales en ciertas posiciones, mientras que otras no.

Antes de realizar la fase evaluativa, se les indica a los participantes que los elementos seguían un conjunto de reglas y es en esta fase donde deben realizar una tarea de elección forzada para indicar cual de la cadena de elementos es legal o ilegal. Esta fase hace uso de elementos nuevos que cumplen con las reglas presentadas en la fase de exposición versus elementos que no cumplen estas reglas.

Esta tarea no tiene ningún componente motor a diferencia del SRT (donde el participante debe indicar la posición del estímulo cuando este es presentado) y, por lo tanto, se cree que evalúa de forma más objetiva el aprendizaje implícito de las regularidades estadísticas sin las demandas adicionales de tipo motor que implica la tarea de SRT (Nigro et al., 2016).

### *c. Aprendizaje de tripletas*

El paradigma de aprendizaje de tripletas es altamente conocido para medir el AE tanto en niños como adultos. Dentro de este paradigma, la prueba de los tresillos de Saffran (Saffran et al., 1996) es una de las más utilizadas.

Esta tarea consiste en agrupar arbitrariamente los estímulos a presentar en tríos durante el flujo de familiarización. Después de varios minutos de ver el flujo de familiarización, el experimentador sorprende al participante con una tarea de elección forzada. En cada prueba se presentan dos tripletas, uno tras otro, con una breve pausa entre ellos (los tres elementos componentes de cada triplete se muestran

individualmente, de la misma manera en que se presentaron en el flujo de familiarización). Los estímulos en uno de estos tripletes ocurrieron juntos durante la fase de familiarización, mientras que los estímulos en el otro triplete nunca aparecieron juntos durante la familiarización y se le pide al participante que juzgue cuál de los dos tripletes ocurrió durante el flujo de familiarización.

Inicialmente Saffran utilizó estímulos auditivos de contenido lingüístico para evaluar el AE, pero investigaciones recientes como la de Arciuli y Simpson (2011) utilizan tareas de aprendizaje de tripletes con estímulos visuales no lingüísticos. Como lo describe Arciuli y Simpson (2011) en esta tarea, los participantes deben identificar correctamente los tripletes presentados en la fase de familiarización con mayor probabilidad.

Es importante resaltar, que estas tareas y las variaciones que se han realizado, difieren en formas significativas en relación a la instrucción dada a los participantes, la modalidad de presentación, los tiempos de presentación, el número de veces que los participantes están expuesto al estímulo, entre otras variables que pueden afectar en alguna medida los resultados de los participantes (Arciuli, 2018).

Schmalz et al. (2019) resaltan que en las tres tareas los participantes deben aprender a usar la información disponible para predecir un evento futuro basados en la ubicación e identidad del estímulo y que esta decisión implica una predicción basada en probabilidades condicionales a partir de la posición de los estímulos dentro de la cadena observada.

- Aprendizaje estadístico: Modalidades y Dominios

En el mundo en que vivimos, los organismos se encuentran en constante aprendizaje de su entorno y estos periodos de aprendizaje no se dan todos a la vez, por lo que se requiere de un mecanismo que permita codificar y representar dicha información en un

orden temporal. Conway y Christiansen (2005) describen que un método potencial para codificar el orden temporal es aprender las relaciones estadísticas de los elementos dentro de una entrada secuencial que puede variar según la modalidad y el estímulo usado.

Se ha descrito que el AE opera en diferentes modalidades, de modo que el aprendizaje estadístico de modalidad auditiva y visual operan por caminos de aprendizaje separados (Thiessen, 2017). Sin embargo, este es un punto de debate teórico, puesto que otras investigaciones refieren que el aprendizaje estadístico es un proceso computacional de dominio general que extrae regularidades de un sistema cuasi regular y aplica este conocimiento estadístico para predecir eventos futuros (Schmalz et al., 2017), por lo que un mismo mecanismo estaría actuando, independiente de la modalidad de entrada sensorial.

Conway y Christiansen (2005) Investigaron diferentes modalidades de entrada sensorial (tacto, visión, audición) en tareas de AE, encontrando que la modalidad auditiva mostraba una ventaja cuantitativa de AE en comparación con la visión y el tacto. De igual forma, resaltan que la audición es mejor para procesar entradas secuenciales distribuidas temporalmente, mientras que la visión sobresale en entradas distribuidas espacialmente.

El AE parece no ser una habilidad unificada, sino más bien una habilidad componencial, que cubre diferentes subtipos (distributivos y condicionales) y diferentes tipos de información (p. Ej., lingüística versus no lingüística, auditiva versus visual), cada una de las cuales puede verse afectada de manera independiente (Frost et al., 2015).

En el caso específico de la lectura, se ha descrito que si el AE fuera de dominio específico actuaría de forma diferencial frente al conocimiento probabilístico desarrollado específicamente a través de la experiencia de aprender a leer y deletrear, por lo que sería medido a través de tareas de lectura y escritura que fueran sensibles a las restricciones probabilísticas de dicho aprendizaje (Elleman, Steacy, y Compton, 2019).

Por su parte, la visión de AE como mecanismo de dominio general se refiere a un conjunto más amplio de mecanismos de aprendizaje que se relacionan con el aprendizaje general, incluido el aprendizaje de la lectura y la escritura (Elleman et al., 2019). El AE de dominio general, sería entonces medido con tareas diseñadas independiente del desarrollo de la lectura y la ortografía (p. Ej., aprendizaje artificial de gramática, tiempo de reacción en serie, etc).

En esta línea, existe alguna evidencia que sugiere que el AE puede ser un mecanismo de dominio general que opera de manera similar a través de estímulos lingüísticos y no lingüísticos (Evans, Saffran, y Robe-Torres, 2009). No obstante, como lo describe Frost et al. (2015) los estudios muestran patrones persistentes de especificidad de modalidad y de estímulo.

La cuestión de si el AE es de dominio general o específico, continúa siendo discutido en la literatura y se requiere investigación empírica adicional. No obstante, para los objetivos de este estudio, el modelo propuesto por Frost et al. (2015) presenta una relación teórica clara en relación a la actuación del AE entre modalidades y estímulos. Este modelo describe al AE como un mecanismo no unitario, pero que contiene un conjunto de principios computacionales de dominio general que operan en diferentes modalidades.

Según este modelo (Figura 4), el AE se sustenta bajo principios de aprendizaje de dominio general que están obligados a operar en modalidades específicas, con posibles contribuciones de regiones cerebrales parcialmente compartidas dentro de las diferentes modalidades.

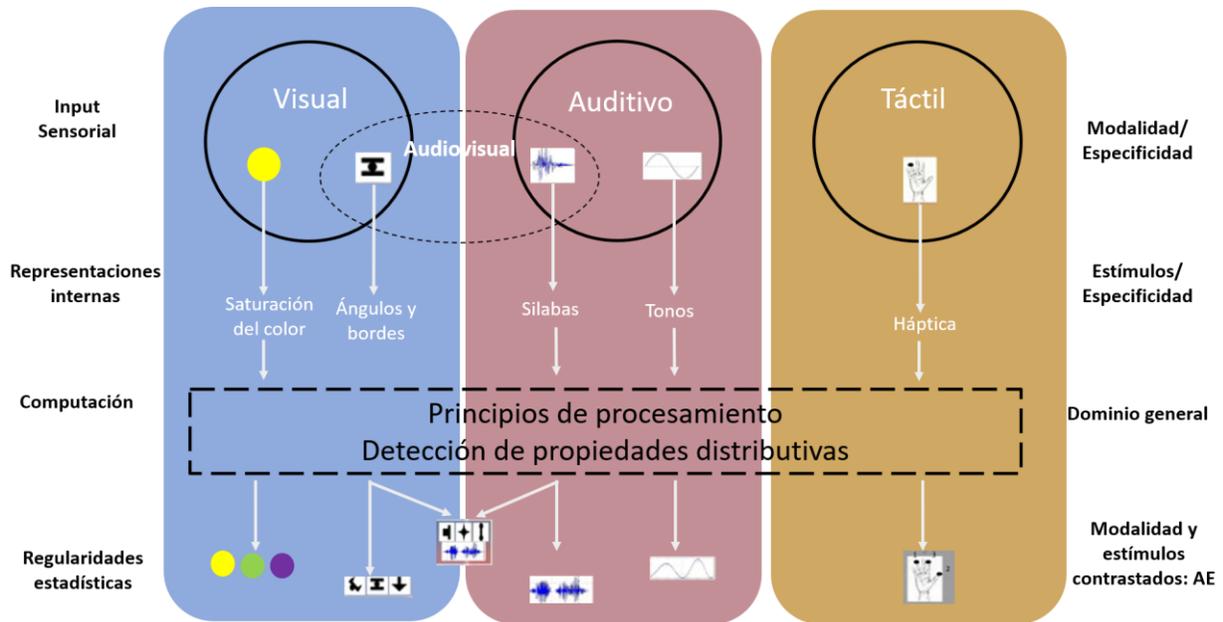


Figura 4. Representación esquemática del procesamiento de información en AE. (Frost, Armstrong, Siegelman, y Christiansen, 2015)

La modalidad sensorial de entrada puede ser visual, auditiva o táctil y los estímulos (lingüísticos o no lingüísticos, aspectos perceptivos (forma, color, etc) presentan ciertas restricciones de entrada, debido a su complejidad, similitud y/o relevancia. No obstante, esta entrada sensorial se codifica en representaciones internas a partir de principios de distribución generales.

Estos principios generales surgen a través de la posible participación de redes neuronales parcialmente compartidas que modulan la codificación de la estructura estadística a aprender (Frost et al., 2015). En este sentido, el proceso de codificación de una representación interna sigue restricciones que están determinadas por las propiedades específicas de la entrada procesada en las cortezas respectivas.

### 3.4 Lenguaje y Aprendizaje estadístico

El lenguaje humano y los sistemas de escritura tienen una estructura rica y compleja que permite a los niños inducir regularidades estadísticas a partir de entradas relativamente complejas, lo que permite la codificación de una gran cantidad de restricciones probabilísticas derivadas de la experiencia (McClelland et al., 2010).

Arculi (2011) describe que existe evidencia empírica que inspiran la afirmación de que el AE juega un papel en la adquisición del lenguaje natural. Primero, se ha demostrado que existe una estructura estadística rica tanto en lenguaje oral como escrito. En segundo lugar, la adquisición de lenguajes artificiales se lleva a cabo de manera más efectiva cuando contienen los tipos de estructura estadística que se encuentran en el lenguaje natural, y tercero, algunos estudios han indicado que las personas con trastornos de lenguaje muestran deficiencias en el aprendizaje implícito.

El nivel de vocabulario ha sido una medida ampliamente estudiada dentro del constructo de lenguaje en niños con dislexia. Spencer et al. (2015) ha descrito que el conocimiento del vocabulario es una comprensión de los significados de las palabras y puede incluir el conocimiento de las definiciones, sinónimos, antónimos y la conciencia morfológica. Sin embargo, no todo vocabulario puede o debe aprenderse a través de la instrucción formal, por lo que este componente del lenguaje, también tendría un componente implícito que puede llevar a una relación entre el AE y el vocabulario, siendo este último un factor crucial en niños con dislexia, reportando como estos presentan dificultades en la adquisición de vocabulario y como estas dificultades se relacionan con su rendimiento en habilidades de alfabetización temprana (Malatesha Joshi, 2005).

Evans et al. (2009) demostró que un mayor nivel AE se relaciona con un mayor crecimiento del vocabulario en niños de primaria y que el crecimiento del vocabulario se ha relacionado con la capacidad de lectura. Así mismo correlacionó el AE con el rendimiento en pruebas de vocabulario tanto en niños con dificultades de lenguaje como en los controles.

Por su parte, Yu (2008) informó sobre un modelo computacional de crecimiento de vocabulario que se basó en la sensibilidad a las regularidades estadísticas, encontrando que el vocabulario también puede aprenderse a través de regularidades estadísticas.

El vocabulario ha sido entonces otro gran eje de investigación en la lectoescritura y el rol del aprendizaje estadístico en su adquisición es un punto de investigación creciente, ya que, en todas las lenguas, el conocimiento de vocabulario en los primeros años es muy alto, lo que hace probable que requiera más que una instrucción explícita, un tipo de aprendizaje implícito que explicaría las grandes alzas en vocabulario por la que pasan los niños.

### **3.5 Dislexia y Aprendizaje estadístico**

Una forma de explicar como los lectores enfrentan los desafíos impuestos por el aprendizaje de la lectoescritura, es postulando que la lectura es impulsada por el conocimiento de las propiedades estadísticas del sistema de escritura y, por lo tanto, la adquisición de la lectura sería un ejercicio de aprendizaje estadístico (Harm y Seidenberg, 2004).

los niños pueden tener diferentes oportunidades para encontrar palabras escritas en todas partes debido a los entornos escolarizados en los que se encuentran y, en consecuencia, pueden desarrollar una capacidad para desarrollar una sensibilidad a las características de impresión aceptables, como letras y palabras escritas, en lugar de garabatos sin sentido (Mortensen, 2009).

A medida que los niños se exponen a un volumen y una variedad cada vez mayor de lenguaje escrito en sus materiales de lectura apropiados para su edad, su sensibilidad a este tipo de probabilidades aumenta sin tener que requerir de una instrucción explícita formal (Arciuli y Simpson, 2012), siendo el AE la manera como se adquieren dichas regularidades.

Algunos estudios han revelado que las diferencias individuales en la capacidad de AE están vinculadas con las habilidades de lectura de los niños en inglés, que tiene una ortografía profunda (Torkildsen et al., 2019), pero se sabe relativamente poco sobre lo que sucede en ortografías transparentes como el español.

Schmalz et al. (2019) Refieren que una vía causal posible entre el AE y la capacidad de lectura en ortografías alfabéticas podría ser mediante el aprendizaje de las correspondencias entre grafema y fonema. En ortografías transparentes los fonemas están representados por grafemas y las correspondencias idealmente activan las asignaciones 1 a 1 y estas correspondencias se enseñan explícitamente a través de la instrucción formal. Sin embargo, estos sistemas de ortografía transparente también contienen niveles de inconsistencias en las que las correspondencias fonema-grafema activan las asignaciones de 1 a 2 o de 1 a muchos (Nigro et al., 2015), por lo que se favorecerían de procesos de aprendizaje estadístico que permita adquirir ciertas regularidades propias de lenguas transparentes.

En español, las correspondencias entre grafemas y fonemas suelen ser más directas. Sin embargo, durante la escritura, existe mayor complejidad al momento de realizar la correspondencia, ya que un mismo fonema, puede dar paso a más de un grafema, por lo que se podría predecir que los niños requieran usar en mayor dominio el AE durante tareas de escritura, que durante tareas de lectura.

En la dislexia, se ha descrito ampliamente que la causa principal es un déficit en el procesamiento fonológico, que le impide al aprendiz realizar la correcta correspondencia grafema – fonema y aumentar su velocidad lectora. Dentro de este proceso, el niño debe aprender la forma de distribución de las reglas ortográficas en su idioma, las asociaciones directas y aquellas reglas arbitrarias que suceden en lenguaje escrito de manera irregular. Este aprendizaje basado en la regulación de patrones podría ser explicado por el AE, sugiriendo que un déficit en AE puede ser la base de la dislexia (Arculi, 2011; Schmalz et al., 2017).

Tal déficit podría explicar parcialmente por qué las personas con dislexia luchan constantemente para automatizar las regularidades ortográficas a pesar de las

instrucciones apropiadas y la exposición repetida a la impresión (Nigro et al., 2016). En esta misma línea, Treiman (2018) señala que dentro de los patrones estadísticos que relacionan las formas lingüísticas con la ortografía, existen patrones más complejos que otros y que esta distribución, ayuda a explicar por qué los niños dominan algunos aspectos de la ortografía más tarde o con más dificultad que otros en base a el AE.

La evidencia de un déficit en el aprendizaje estadístico en la dislexia proviene de experimentos que han demostrado que la sensibilidad a las regularidades condicionales de los símbolos visuales se correlaciona con las habilidades de lectura en niños y adultos con dislexia (Arciuli y Simpson, 2012) describiendo como la capacidad de leer refleja la capacidad de detectar regularidades estadísticas al leer en voz alta o deletrear palabras (Arciuli, 2018).

Van der Kleij, Groen, Segers, y Verhoeven (2019) realizaron un estudio longitudinal en el que participaron niños holandeses con dislexia de los grados 5 y 6 que realizaron dos tareas de aprendizaje estadístico: una tarea secuencial y una tarea espacial. Sus resultados evidencian que las tareas de aprendizaje secuencial predijeron el crecimiento de las habilidades de lectura en niños con y sin dislexia.

Es importante describir, que el AE ha sido poco estudiado en lenguas transparentes, y que como lo señala Qi, Sanchez Araujo, Georgan, Gabrieli, y Arciuli (2019) existen hallazgos diferentes según la modalidad y estímulos usados en tareas de AE, por lo que resulta fundamental evaluar el AE en múltiples modalidades para investigar exhaustivamente la relación entre AE y la lectura.

## 4. Metodología

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal

### 4.1 Participantes

#### 4.1.1 Participantes del estudio

La muestra estuvo conformada por 50 niños entre los 9 y 12 años repartidos en dos grupos: El grupo de estudio que presentaba diagnóstico de dislexia y el grupo control. Todos los participantes se encontraban escolarizados. Al inicio del estudio se tenían 55 participantes, pero se excluyeron 5 participantes de la muestra final por presentar un Coeficiente Intelectual (CI) por debajo de la media según criterios de inclusión. El grupo control fue seleccionado compartiendo las mismas características de edad y género del grupo de estudio. A continuación, se describen los criterios de inclusión y exclusión tenidos en cuenta para la selección de los participantes.

#### 4.1.2 Criterios de inclusión

*Grupo de estudio: Dislexia*

Los participantes de este grupo debían: a) tener un diagnóstico de dislexia no superior a dos años b) ser referidos por maestras o fonoaudiólogas debido a la presencia de dificultades en el proceso lector c) encontrarse escolarizado d) tener un CI dentro de la media para su edad.

*Grupo control: Desarrollo típico*

Los participantes del grupo control debían: a) No tener ningún antecedente de problema de lenguaje o de lectoescritura, b) No haber repetido cursos c) No tener ningún antecedente neurológico ni cognitivo d) tener un buen rendimiento académico referido por los profesores

#### **4.1.3 Criterios de exclusión**

Los participantes de ambos grupos: Estudio y Control no podían: a) presentar diagnósticos neurológicos o antecedentes de problemas auditivos o cognitivos, b) estar tomando medicamentos c) presentar diagnósticos asociados a problemas de atención.

## **4.2 3.2 Instrumentos**

A cada participante se le administró de manera individual los siguientes instrumentos de evaluación:

### **a. Test Breve de Inteligencia de Kaufman K-BIT (Kaufman y Kaufman 1997):**

*Objetivo:* Evalúa las habilidades de inteligencia general y la capacidad para resolver nuevos problemas (pensamiento fluido), a partir de la aptitud del sujeto para percibir relaciones y completar analogías.

*Subprueba aplicada:* Matrices: Evalúa la inteligencia no verbal a través de la capacidad para resolver problemas de razonamiento con apoyo de estímulos visuales.

### **b. Spanish Clinical Evaluation of Language Fundamentals-4 (CELF-4) (Semel, Wiig y Secord, 2006):**

*Objetivo:* Evalúa las habilidades del lenguaje de niños entre los 5 y 21 años. Esta prueba se aplicó de la manera tradicional por medio de la presentación manual de las imágenes al participante.

*Subpruebas aplicadas:* En la tabla 1 se describen las subpruebas que fueron utilizadas en el presente estudio y las medidas de desempeño general tomadas para el análisis posterior.

**Tabla 1.** Subpruebas del CELF 4 y medidas de lenguaje

Subprueba	Objetivo	Medidas de lenguaje	
Conceptos y direcciones (CySD)	Evalúa la habilidad del niño para interpretar direcciones de diferente longitud y complejidad que contienen operaciones lógicas.	Nivel Receptivo del lenguaje	
Clases de palabra receptivo (total) (CP-R)	Evalúa la habilidad del niño para asociar diferentes tipos de palabras en categorías según su función y características perceptuales.		
Clases de palabra expresivo (total) (CP-T)	Evalúa la habilidad del niño para explicar asociaciones semánticas a partir de categorías funcionales y perceptuales de primer y segundo orden.	Nivel expresivo del lenguaje	<i>Core Language</i> (Núcleo del lenguaje)
Recordando oraciones (RO)	Evaluar la habilidad de memoria de trabajo verbal al escuchar y repetir oraciones de diferente longitud y complejidad		
Formulación de oraciones (FO)	Evalúa la habilidad para formular de manera coherente oraciones que contienen verbos, adjetivos, adverbios, conjunciones, etc. Se evalúa también el conocimiento de estos marcadores lingüísticos y el uso que le da en sus producciones verbales.		

**c. TVIP: Test de Vocabulario en Imágenes (adaptado para población latinoamericana) (Dunn, Padilla, y Lugo, 1986):**

*Objetivo de la prueba:* Evalúa el nivel de vocabulario de los niños participantes del estudio. En esta tarea, a los participantes se les muestra 4 imágenes y se les dice una palabra. Ellos deben seleccionar la imagen que corresponda con la palabra objetivo.

**d. Evaluación del Procesamiento Fonológico (PROFON) (Lara, Aguilar, y Serra, 2007):**

*Objetivos de la prueba:* evalúa los tres niveles del procesamiento fonológico (nivel silábico, intrasilábico y fonémico) como se describe en la tabla 2.

**Tabla 2.** Subpruebas y niveles de análisis del PROFON

Prueba	Medida registrada
Segmentación de palabras en sílabas	
Omisión de sílaba inicial	
Omisión de sílaba final	Nivel Silábico
Parear rimas	
Eliminar ataques	
Eliminar rimas	Nivel intrasilábico
Juicios de comparación	
Segmentación /Síntesis	
Identificación del primer fonema	Nivel fonémico

**e. Prueba de los procesos escritos (PROESC) (Cuetos, Ramos, y Ruano, 2002)**

*Objetivo de la prueba:* Evalúa el nivel escrito del participante a partir de tareas que van desde la escritura de sílabas a la escritura de textos. Esta prueba se utiliza para evaluar desde el grado 1 al grado 6.

*Subpruebas aplicadas:* Se seleccionaron las subpruebas más predictivas de esta batería de evaluación. En la tabla 3 se describen las subpruebas utilizadas para este estudio.

**Tabla 3.** Subpruebas y niveles de análisis del PROESC

Prueba	Medida registrada	
Dictado de Palabras		
a. Ortografía Reglada	Nivel Palabra	Nivel total:
b. Ortografía arbitraria		
Dictado de oraciones		Rendimiento escrito
a. Mayúsculas	Nivel Oración	
b. Acentos		
c. Signos de puntuación		

**f. Batería de evaluación de los procesos lectores revisada – PROLEC-R (Cuetos, Rodríguez, Ruano, y Arribas, 2007)**

*Objetivo de la prueba:* Evalúa los procesos fonológicos, léxicos semánticos y gramaticales implicados en la lectura. Esta prueba se evaluó a través de la metodología de rastreo ocular por medio del *Eye Tracker* Tobii TX-300.

*Subpruebas aplicadas:* Se escogieron las pruebas más predictivas y que la literatura destaca en relación con el rendimiento lector en niños con dislexia. En la tabla 4 se describen las pruebas utilizadas para el estudio.

**Tabla 4.** Subpruebas y niveles de análisis del PROLEC-R

Proceso evaluado	Subprueba	Medida registrada
<b>Procesos fonológicos y léxicos</b>	Lectura de palabras	Precisión y tiempo en cada componente
	Lectura de pseudopalabras	
<b>Procesos sintácticos</b>	Estructuras gramaticales	en cada componente
	Signos de puntuación	
<b>Procesos semánticos</b>	Comprensión de textos	

### **g. Tareas experimentales de AE**

Se utilizaron cuatro tareas experimentales que miden el AE de regularidades lingüísticas y no lingüísticas en dos modalidades: Visual y auditiva. Las cuatro tareas seguían las reglas del paradigma de gramática artificial y tripletas, donde se presenta un periodo de familiarización con los estímulos y una fase de elección forzada. Para dos de las tareas se utilizó estímulos que en la fase de elección fueran iguales a los de la fase de familiarización y para las otras dos tareas, estímulos que seguían las mismas reglas, pero no fueron presentados en la fase de familiarización, para medir la generalización de la regla. A continuación, se describe en detalle cada una de las tareas experimentales usadas para este estudio.

#### **Estímulo: No lingüístico**

##### **i. Tarea de AE visual no lingüística (VNL)**

*Paradigma:* Paradigma de tripletas: Aprendizaje estadístico Visual

*Modalidad:* Visual

*Descripción:* Se basa en la tarea de tripletes de Saffran donde se presentan una serie de imágenes referidas a “dibujos animados” según principios probabilísticos de presentación. Esta tarea fue utilizada por Arciuli y Simpson (2011) y comprende una fase de familiarización, seguida de una fase de prueba. La fase de familiarización consistió en la presentación de los dibujos en forma de triplete. Seguido de esto se crearon nuevos tripletes que se diferencian en el orden de presentación y en la fase de prueba se le pide a la persona que realice una elección entre dos pares de tripletes presentados, escogiendo aquel que le parece más conocido, midiendo de esta forma el AE dentro de la tarea.

*Estímulos y fases de la tarea experimental:* Para esta tarea se usaron 18 figuras de extraterrestres extraídas de la página <https://www.clipart.com>, de las cuales cuatro

fueron utilizadas para los ensayos de la tarea y 12 para formar los tripletes. Siguiendo la estructura experimental planteada por Arciuli y Simpson (2011), se organizaron 4 tripletes: ABC, DEF, GHI y JKL. La fase de familiarización incluyó una tarea de cobertura para controlar la atención durante la misma. Esta consistía en oprimir una tecla cada vez que observaran dos alienígenas seguidos iguales en la fila. En el anexo 1 se presentan las imágenes de los estímulos utilizados en la tarea.

Durante la fase de familiarización se fueron presentando uno a uno los dibujos en el centro de la pantalla. Cada estímulo duró 500 ms, teniendo un intervalo de 200 ms entre la presentación de cada uno. Para diferenciar cada triplete se presentó un intervalo mayor de 1000 ms para la presentación del siguiente triplete. En las instrucciones iniciales no se les indicó que debían aprender lo que estaban viendo o que los extraterrestres estaban organizados en tripletes. La corriente de familiarización incluyó 24 repeticiones aleatorias entre los diferentes tripletes (96 tripletes) manteniendo el orden establecido por los estímulos dentro de cada triplete.

Para la fase de prueba, se crearon 4 tripletes irreales y cada uno contenía un extraterrestre de cada uno de los tripletes reales de esta forma: AEI, DHL, GKC y JBF. Para esta fase, se le asignó un color a cada uno de los tripletes, facilitando su identificación y permitiendo su posterior elección. En este caso se presentaron los tripletes siguiendo la misma metodología de la fase de familiarización. Al finalizar la presentación de los dos tripletes, aparecía una pantalla en blanco con los colores que representaba a cada triplete. En este momento se debía hacer la elección del triplete que era más conocido. Cada triplete real se presentó con cada triplete imposible en cuatro ocasiones diferentes con el orden de presentación contrabalancedo. En la figura 5 se presenta el esquema de la tarea experimental.

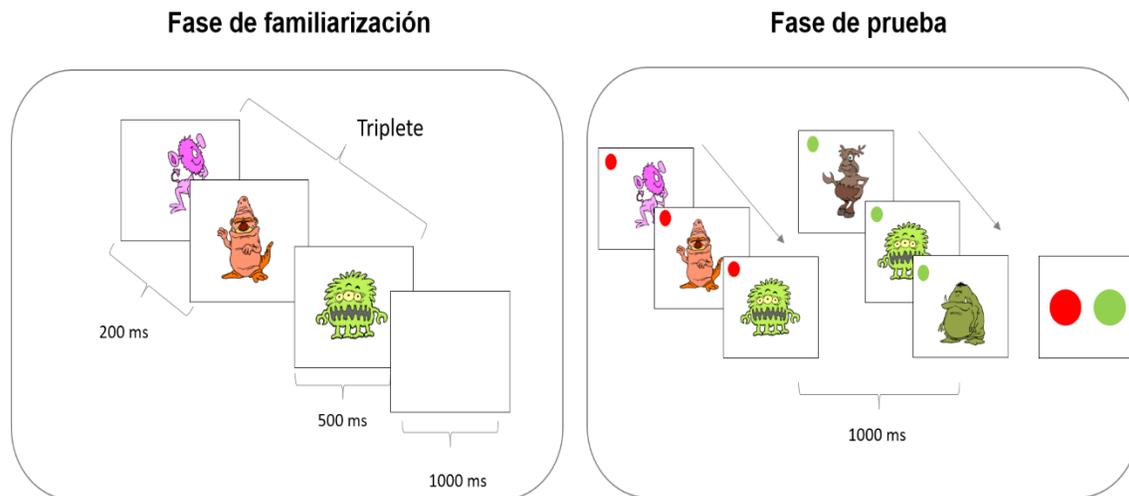


Figura 5. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: VNL

## ii. Tarea de AE auditiva no lingüística (ANL)

*Paradigma:* Paradigma de tripletas: Aprendizaje estadístico Auditivo

*Modalidad:* Auditiva

*Descripción:* Prueba similar a Gebhart, Newport, y Aslin (2009) donde se tiene un inventario de 12 sonidos no lingüísticos con los que se crean cuatro tripletas de sonidos sin contenido lingüístico. Al igual que la prueba anterior, presenta una fase de familiarización y una fase de prueba. Cada triplete consistió en tres sonidos únicos del medio ambiente.

*Estímulos y fases de la tarea experimental:* Para esta tarea se usaron 18 sonidos de acceso libre y se modificaron sus características acústicas en el programa Audacity buscando que todos los estímulos tuvieran el mismo tiempo de duración e intensidad. De los dieciocho sonidos, se usaron cuatro para los ensayos de la tarea y 12 para formar los tripletes. Se organizaron 4 tripletes siguiendo la estructura experimental de la

tarea anterior: ABC, DEF, GHI y JKL. La fase de familiarización incluyó una tarea de cobertura para controlar la atención durante la misma. Esta consistía en oprimir una tecla cada vez que escucharan dos sonidos repetidos.

Durante la fase de familiarización se fueron presentando uno a uno los sonidos, con la pantalla en blanco con un punto de fijación en el centro de la pantalla. La duración de los estímulos inter y entre tripletes fue igual a la tarea experimental anterior.

Para la fase de prueba, se crearon 4 tripletes irreales y cada uno contenía un sonido de cada uno de los tripletes reales de esta forma: AEI, DHL, GKC y JBF. Para esta fase, se le asignó un color a cada uno de los tripletes, facilitando su identificación y permitiendo su posterior elección. En este caso se presentaron los tripletes siguiendo la misma metodología de la fase de familiarización y para la tarea de elección se usó una pantalla en blanco con los colores que representaba cada triplete. En la figura 6 se presenta el esquema de la tarea experimental.

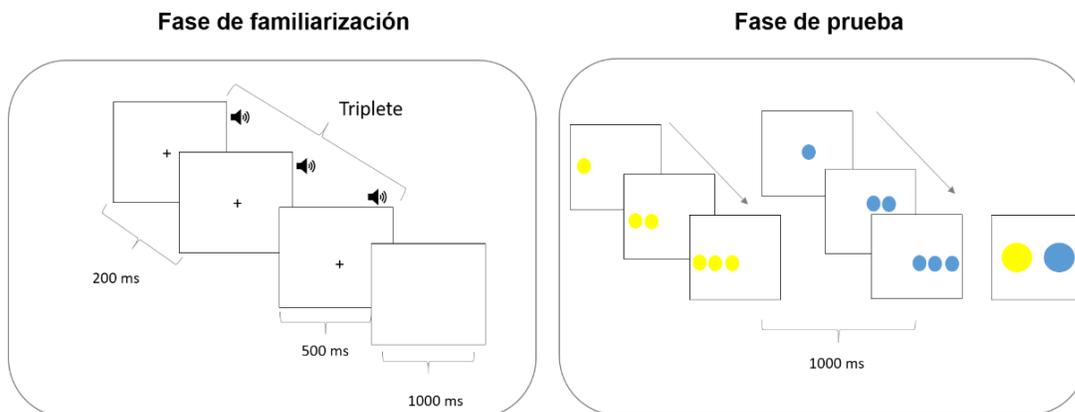


Figura 6. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: ANL

## Estímulo: Lingüístico

### i. Tarea de AE visual lingüística (VL)

*Paradigma:* Paradigma de Gramática Artificial

*Modalidad:* Visual

*Descripción:* En base a la tarea de Nigro (2015) se presentó a los participantes una serie de pseudopalabras bisilábicas de la forma CVCV a partir de unas reglas probabilísticas preestablecidas. En esta tarea, la fase de prueba incluyó nuevas palabras que no habían sido vistas en la fase de familiarización, pero que seguían las reglas de presentación de las palabras vistas en la fase de familiarización frente a palabras que no habían sido vistas en esta fase, buscando medir la generalización de la regla.

*Estímulos y fases de la tarea experimental:* Se usaron estímulos lingüísticos a partir de la formulación de pseudopalabras de la forma CVCV usando las letras que son más relevantes en el español (6 estímulos). Las seis consonantes se organizaron de acuerdo con un conjunto de reglas grafotácticas artificiales (ver figura 7), no presentes en el idioma español, que restringían la posición en la que podían aparecer. En la primera posición consonante (C 1) solo se podrían aparecer las siguientes letras: S,M,T mientras que en la segunda posición de la consonante (C2) solo podían aparecer las consonantes: P, L, F. En el anexo 2 se describe la lista de palabras utilizadas en la fase de exposición y en la fase de prueba.

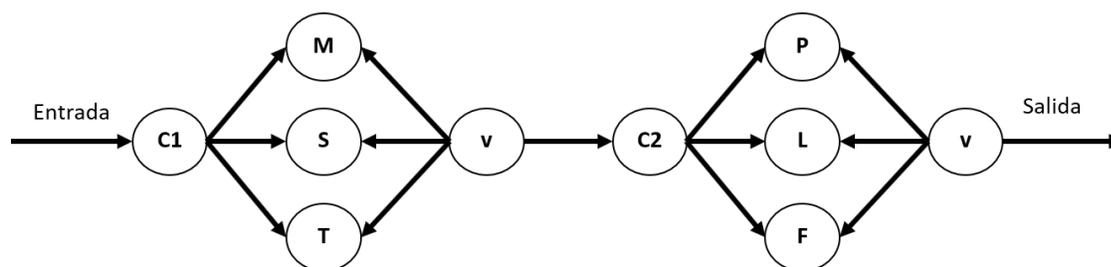


Figura 7. Reglas de gramática artificial para crear estímulos de la tarea experimental  
C1: Consonante 1, C2: Consonante 2, = Vocales (a, e, i, o, u).

Durante la fase de familiarización se fueron presentando una a una las palabras en un fondo blanco. Cada estímulo duro 500 ms, teniendo un intervalo de 200 ms entre la presentación de cada uno. En las instrucciones iniciales no se les indicó que debían aprender lo que estaban viendo, simplemente se les solicitó oprimir la tecla roja cada vez que una palabra apareciera de este color. Esto se realizó como tarea de cobertura, que permitiera mantener la atención durante la corriente de familiarización. La corriente de familiarización incluyó 96 presentaciones de 12 palabras que fueron creadas a partir de las reglas de gramática artificial. Las repeticiones se presentaron de forma aleatoria entre los participantes.

Para la fase de prueba, se crearon 16 palabras que seguían las reglas grafotácticas de posición de la C1 y la C2 Y 16 palabras que no la seguían. Las 16 palabras irreales se crearon intercambiando la posición de la consonante, por lo que la C1 estuvo conformada por las letras: P,L F y la C2 por las letras: M, S, T. Durante esta tarea, cada palabra le fue asignado un color (verde – rojo) que aparecía en la parte superior de la palabra, esto con el fin de que al momento de hacer la elección de cual palabra les parecía más conocida, pudieran hacerla según el color, ya que se usó una caja de respuestas que contenía 4 botones de colores y esta caja se utilizó para las cuatro tareas de AE. Tanto la fase de familiarización como la prueba, tuvo 3 ensayos, antes de iniciar con los estímulos propios de la tarea. Cada palabra “real” se presentó con cada palabra imposible con el orden de presentación contrabalanceado en términos de posición y presentación. En la figura 8 se describe el esquema de la tarea experimental.

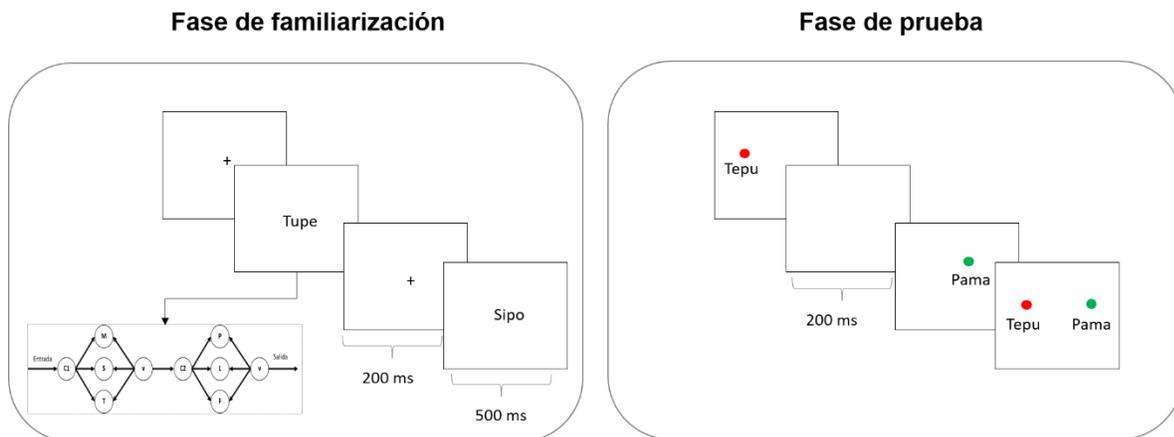


Figura 8. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: VL

## ii. Tarea de AE auditiva lingüística (AL)

*Paradigma:* Paradigma de Gramática Artificial

*Modalidad:* Auditiva

*Descripción:* En base a la tarea del experimento 3: Visual lingüístico, se presentó de forma auditiva a los participantes una serie de pseudopalabras bisilábicas de la forma CVCV a partir de unas reglas probabilísticas preestablecidas. Esta tarea, siguió la misma metodología de la tarea AL presentando una fase de familiarización y una fase de prueba que evaluaba la generalización de la regla presentada en la fase de exposición.

*Estímulos y fases de la tarea experimental:* Se usaron estímulos lingüísticos a partir de la formulación de pseudopalabras de la forma CVCV. Seis consonantes se organizaron de acuerdo con un conjunto de reglas grafotácticas artificiales (ver figura 9), no presentes en el idioma español, que restringían la posición en la que podían aparecer. En el anexo 3 se describe la lista de palabras utilizadas en la fase de exposición y en la fase de prueba. Las palabras grabadas presentaban la misma intensidad, frecuencia y duración.

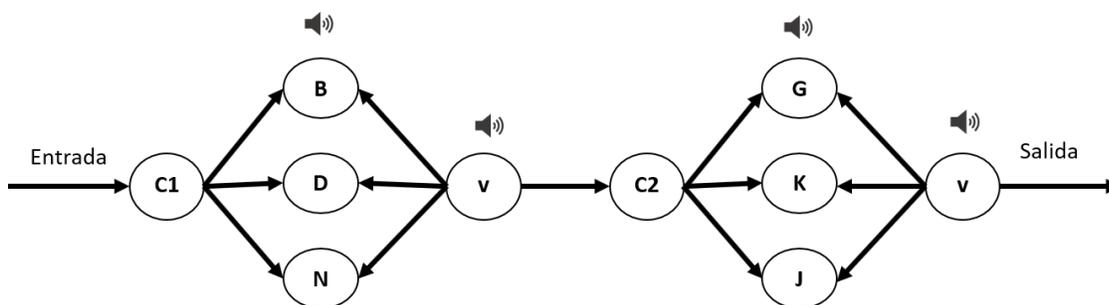


Figura 9. Reglas de gramática artificial para crear estímulos de la tarea experimental  
 $\overset{A}{C}1$ : Consonante 1,  $C2$ : Consonante 2,  $v$  = Vocales (a, e, i, o, u).

Para la fase de prueba, se siguió la misma metodología del experimento VL, donde se les presentaba dos palabras nuevas, una que seguía las mismas reglas de la fase de

familiarización y otra que no seguía dichas reglas. El niño debía juzgar cual de las dos palabras le parecía más familiar. En la figura 10 se presenta el esquema de la tarea experimental.

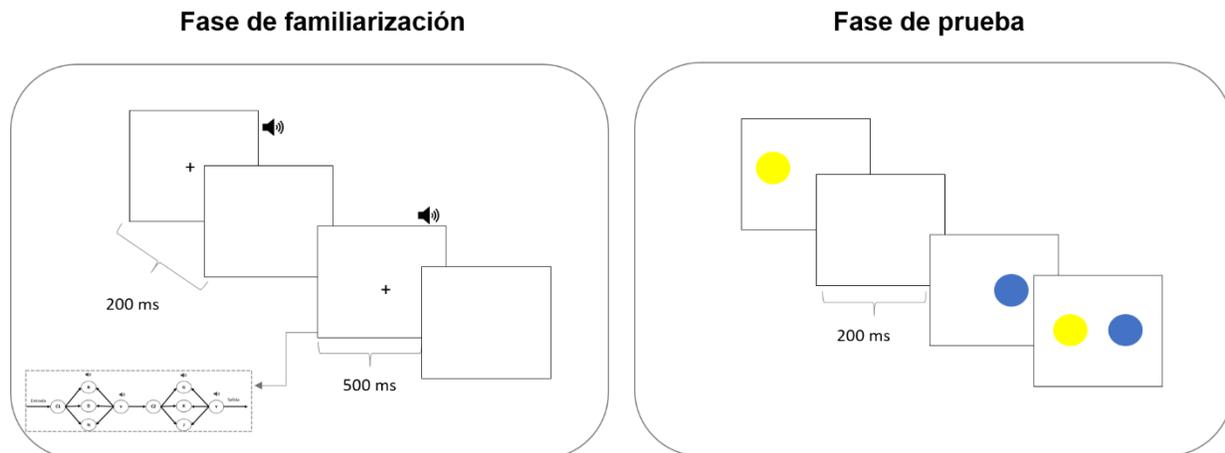


Figura 10. Representación esquemática de la fase de familiarización y prueba de la tarea de AE: AL

### 4.3 3.3 Procedimiento

Este estudio contemplo tres fases para el desarrollo del mismo como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5.** Fases del estudio actual

Fase	Procedimientos
<b>Primera fase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de las tareas experimentales</li> <li>• Realización de prueba piloto de tareas experimentales</li> <li>• Ajuste de tareas experimentales</li> <li>• Selección de participantes del estudio</li> </ul>
<b>Segunda fase</b>	Toma de datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Primera sesión:</b> Entrevista inicial, firma de consentimiento y realización de primer bloque de prueba. Realización de primera tarea experimental</li> <li>○ <b>Segunda sesión:</b> Segunda tarea experimental, realización</li> </ul>

---

	de segundo bloque de pruebas, tercera tarea experimental
	○ <b>Tercera sesión:</b> Cuarta tarea experimental, realización de tercer bloque de pruebas
<b>Tercera fase</b>	• Extracción y análisis de datos

---

#### 4.4 Primera fase:

En la primera fase se realizó la creación de las tareas de aprendizaje estadístico y la prueba piloto de las mismas con adultos y niños. Esto se realizó con el fin de clarificar las instrucciones, los tiempos de presentación de los estímulos y el manejo de los botones de respuestas por parte del participante.

Durante esta fase se realizó la selección de los participantes, según los criterios de inclusión y exclusión descritos con anterioridad. Después de la firma del consentimiento por parte de los padres y el asentimiento por parte del participante se procedió a la siguiente fase del estudio.

#### 4.5 Segunda fase:

En esta fase se llevó a cabo la toma de datos en tres sesiones de aproximadamente 45 a 60 minutos cada una. El orden de realización de las tareas experimentales se contrabalanceó entre los participantes, organizándolas a lo largo de las 3 sesiones, buscando no generar aprendizaje entre las mismas ni facilitación por el orden de presentación.

En la primera sesión se realizó el primer bloque de pruebas: Matrices (inteligencia no verbal) (Kaufman y Kaufman 1997) y Lenguaje (CELF 4) (Semel, Wiig y Secord, 2006). De igual forma durante esta sesión se realizó la primera tarea de AE.

En la segunda sesión el participante realizó las tareas de lectura (PROLEC -R) (Cuetos et al., 2007), vocabulario (PVT) (Dunn, Padilla, y Lugo, 1986) y la segunda tarea de AE.

En la tercera sesión se realizó la tercera tarea de AE, la prueba de escritura (PROESC) (Cuetos, Ramos, y Ruano, 2002), la prueba de procesamiento fonológico (PROFON) (Lara, Aguilar, y Serra, 2007) y la cuarta tarea de AE.

Las sesiones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Comunicación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional. El tiempo entre la primera sesión y la tercera sesión fue aproximadamente de dos a tres semanas, dependiendo de la disponibilidad del participante.

Las tareas experimentales se realizaron usando el software para la creación de experimentos en psicología E-prime 3.0. Para todas las tareas se usó un monitor de 23 pulgadas localizado en un escritorio de mesa a una distancia de 60 cm del participante, en una silla estática.

El *Eye-Tracker* Tobii Tx300 cuenta con una pantalla LCD de 23 pulgadas y resolución de 1920×1080, que se utiliza para la presentación de los estímulos, con cámaras que captan los movimientos oculares. Presenta una velocidad de muestreo de 300 Hz y permite el libre movimiento de la cabeza, lo que significa que los movimientos oculares se pueden estudiar sin usar una mentonera. Al inicio del experimento, se realizó la calibración del equipo de nueve puntos, después se le presentó a los participantes las pruebas seleccionadas a evaluarse por medio de este equipo.

## **4.6 Tercera fase**

En la tercera fase de esta investigación, se realizó la recolección y análisis de datos.

## a. Recolección y análisis de datos

- Tareas de lápiz y papel:

Para la recolección de datos de las pruebas que siguieron la metodología de toma de datos tradicional, se realizó extracción de medidas directas a partir de las puntuaciones obtenidas en cada uno de los ítems de las pruebas. Estos datos se registraron en Excel para su tratamiento posterior.

- Tareas de Aprendizaje Estadístico:

Los datos de estas tareas fueron recolectados a través del Software E-Prime. Este software recogió dos medidas fundamentales para el análisis posterior: Tiempos de reacción (ms) y aciertos (n). Para cada participante se extrajo un archivo individual que contenía los datos del mismo a lo largo de cada una de las tareas de AE. Por medio de I-Marge, extensión del software E-Prime, se combinaron los archivos de todos los participantes y se filtró la información relevante con relación a la fase de elección forzada de cada una de las tareas de AE, según las medidas descritas para su análisis posterior.

- Tareas de Eye tracker:

Las subpruebas de la batería PROLEC-R fueron realizadas utilizando el *Eye tracker Tobii TX300*. Cada una de estas tareas se visualizó en una pantalla que seguía la presentación tradicional de la prueba. El *área de interés* para cada una de las tareas se seleccionó a partir del objetivo de cada una de las pruebas: para la tarea de lectura de palabras y pseudopalabras el área de interés estuvo dado por el recuadro donde se encontraban las palabras objetivo. Para la tarea de lectura de oraciones y texto el área de interés se localizó en el centro de la pantalla, lugar donde se encontraban los estímulos lingüísticos de la tarea.

Se seleccionó el área de interés para la tarea de lectura de palabras, pseudopalabras y texto, buscando identificar si los patrones de fijación variaban entre los participantes. Las métricas a analizar del *Eye tracker* fueron:

- *Duración total de la fijación:* Esta métrica indica el tiempo total que los participantes han dedicado a mirar el área de interés.
- *Conteo de la fijación:* Esta métrica indica el número de fijaciones en el área de interés.
- *Gaze Plot:* Las gráficas de *Gaze Plot* expresan las fijaciones y los movimientos sacádicos durante una tarea, mostrando el recorrido de la exploración, por medio de circunferencias descritas en orden numérico y expresando su duración mediante el tamaño de las circunferencias. Mediante líneas se muestran los movimientos sacádicos entre fijaciones

### **b. Análisis estadístico de datos**

Se realizó análisis y tratamiento de los datos a través del software estadístico R versión 3.6. Se usó estadísticos no paramétricos debido al tamaño muestral. Se realizaron comparaciones de medias, diferencias de medias y análisis de varianza para comparar los grupos. Se calcularon correlaciones entre las variables principales del estudio y se generaron dos modelos de regresión lineal múltiple para explicar la relación entre AE y lectoescritura. Para predecir la probabilidad de dislexia de participantes aleatorios se realizó una regresión logística. Finalmente, se realizó un análisis de mediación por medio de ANCOVA para explicar diferencias entre los grupos para las tareas de AE.

## **4.7 Consideraciones éticas**

La información con respecto a los participantes se manejó de manera confidencial, y en ningún momento se hará referencia a datos particulares de los mismos.

De acuerdo con la Resolución 8430 del Ministerio de Salud por el cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, este proyecto se considera de Riesgo Mínimo por lo que "...Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico..." (art. 11).

La participación en el estudio fue voluntaria, la cooperación con la investigación no conlleva riesgos físicos, psicológicos, sociales, o económicos para la población estudiada. Lo anterior quedó consignado explícitamente en el consentimiento informado con el que cada adulto responsable del niño participante autorizó el uso de sus datos para ser analizados con fines científicos y académicos. Los datos fueron reportados de manera anónima y no se identificará de ninguna manera a los aportantes de estos. Si los padres de familia o los acudientes deciden retirarse del proyecto, se podrá realizar en cualquier momento de la investigación.

Las actividades evaluativas fueron seleccionadas con el fin de que los niños participantes se sientan a gusto con las mismas, a través de recursos gráficos y escritos que permiten un mayor desenvolvimiento en la prueba.

En todos los casos se permitió a los acudientes elegir la participación del niño o no en el estudio. Se entregó a cada padre de familia un formato de consentimiento informado de acuerdo con el artículo 15 de la Resolución 8430 para que fuera diligenciado y firmado por los padres de los niños autorizando su participación. Los resultados se entregaron de manera individual a todos los participantes del estudio y aquellos que requirieron de una intervención desde el área de fonoaudiología se les ofreció la posibilidad de iniciar el tratamiento por medio del Programa Docente Asistencial del Centro de la Comunicación Humana y sus Desórdenes.

Se realizó asentimiento de los niños y consentimiento de los padres o acudientes.

Este proyecto contó con aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional según acta de evaluación N° 004-043-19 del 8 de marzo de 2019.

## **Consentimiento informado y asentimiento**

Un consentimiento informado escrito fue leído y firmado por los padres o acudientes antes de iniciar las sesiones de toma de datos. En este documento quedo consignado el objetivo y procedimiento de investigación, así como los derechos y obligaciones con respecto a la participación de este.

Todos los niños respondieron al asentimiento de forma verbal. Este se realizó al inicio de cada sesión, explicando al participante las tareas a realizar.

## 5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados del estudio actual organizados en tres secciones. En la primera parte se describe la caracterización de los participantes. Seguido de esto, se presenta el análisis descriptivo de las pruebas utilizadas, donde se realizó comparación entre medias y análisis estadístico de varianza entre el grupo de dislexia y el grupo control a partir de pruebas no paramétricas. En la tercera parte, los resultados se analizan a partir de las preguntas de investigación planteadas al inicio de esta investigación en torno a la relación entre AE y lectoescritura en niños con dislexia.

### 5.1 Caracterización sociodemográfica de los participantes

Esta investigación contó con la participación de 50 niños entre los 9 a 12 años clasificados en dos grupos: Grupo con Dislexia y Grupo Control. Todos los participantes se encontraban escolarizados al momento de la evaluación, cursando de segundo a sexto grado en educación regular. La distribución por género fue la misma para ambos grupos, teniendo dentro de la muestra 16 hombres y 9 mujeres. La tabla 6 presenta de manera detallada la distribución de los grupos.

**Tabla 6.** Caracterización sociodemográfica de los participantes

	Grupo con Dislexia n=25	Grupo Control n=25	p
<b>Género</b>			
<b>Masculino</b>	64%	64%	1.0
<b>Femenino</b>	36%	36%	
<b>Edad</b>	10,59 (1,16)	10,57 (1,18)	0.96

<b>Inteligencia No verbal</b>	93,20 (3,25)	93,28 (8,88)	0.78
-------------------------------	--------------	--------------	------

Entre paréntesis: Desviación Estándar. Nivel de significancia:  $p < .05$

Se realiza prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para muestras independientes, encontrando que la distribución para la variable edad e inteligencia no verbal es la misma para ambos grupos. La medida del K-BIT describe el índice de inteligencia no verbal, evidenciando una  $p = 0,78$ , que permite mantener la hipótesis nula, por lo que se asume que no hay diferencias entre ambos grupos de estudio en relación con el CI no verbal.

## 5.2 Análisis estadístico entre grupos: Lenguaje, lectura y escritura

### 5.2.1 Nivel de lenguaje

Se realizó análisis descriptivo de los resultados para las tareas de lenguaje, así como una prueba no paramétrica que permitiera identificar si existían diferencias entre los grupos de estudio: Dislexia y Control. En la tabla 7 se evidencian los resultados para cada una de las tareas de lenguaje usando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y el estadístico de contraste *Chi cuadrado (gl 1)*, asumiendo una confiabilidad del 95% y rechazando la hipótesis nula de que ambos conjuntos de datos provienen de la misma distribución si el valor  $p$  es inferior a 0.05. Se presenta la media del grupo y entre paréntesis la desviación estándar de los datos.

**Tabla 7.** Análisis entre grupos: Tareas de lenguaje

Tareas	Grupo con Dislexia	Grupo Control	Chi cuadrado	p
Vocabulario (TVP)	77,7 (11,9)	98,8 (9,7)	15,6	< 0.001
CySD	32,1 (3,7)	42,4(3,9)	32,0	< 0.001
CP-T	24,6 (6,1)	36,9 (7,3)	15,7	< 0.001
RO	55,68 (11,7)	78,0 (5,92)	20,6	< 0.001
FO	25,6 (6,7)	42,0 (6,0)	23,1	< 0.001
Nivel Expresivo	23,0 (3,2)	34,4 (4,0)	38,7	< 0.001
Nivel Receptivo	12,6 (2,3)	20,0 (2,8)	28,9	< 0.001
Núcleo del lenguaje	28,2 (4,3)	44,0 (5,2)	42,3	< 0.001

C y SD: Conceptos y siguiendo direcciones. CP – T: Clase de palabras Total. RO: Recordando oraciones. FO: Formulando oraciones. Nivel de significancia:  $p < .05$

En la figura 11 se puede observar la distribución de los resultados de los grupos de estudio con relación a los niveles centrales de lenguaje: nivel receptivo, nivel expresivo y núcleo de lenguaje, evidenciando como el grupo con dislexia muestra un rendimiento menor en todas las tareas de lenguaje evaluadas en el estudio, sobre todo aquellas que implican el nivel receptivo.

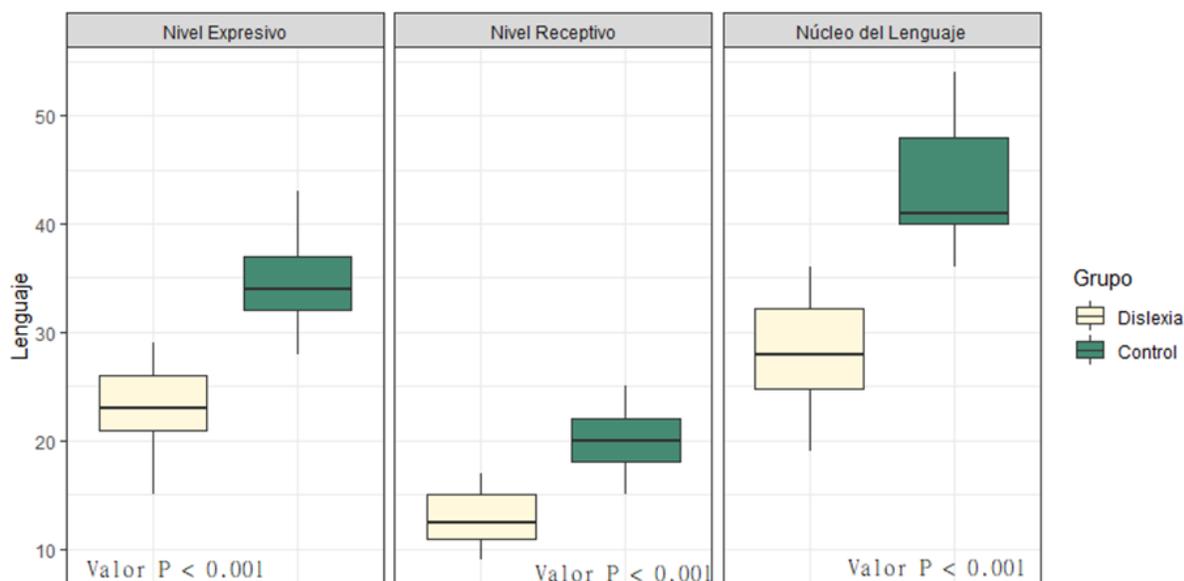


Figura 11. Boxplot: Nivel expresivo, nivel receptivo y núcleo del lenguaje

### 5.2.2 Nivel de lectura y escritura

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos por los grupos Dislexia y Control en las tareas de escritura, lectura y procesamiento fonológico. Se evidencian diferencias significativas en todas las tareas, encontrando que el grupo con dislexia presenta un rendimiento menor tanto en las tareas de lectura, como en las tareas de escritura. La prueba de procesamiento fonológico PROFON indica un rendimiento menor para el grupo Dislexia en las habilidades de conciencia fonológica asociadas al nivel silábico, intrasilábico y fonémico. Habilidades que han sido ampliamente descritas en la literatura para caracterizar el desempeño de niños con dislexia.

**Tabla 8.** Análisis entre grupos: Tareas de Procesamiento fonológico, lectura y escritura

Área	Tareas	Grupo con Dislexia	Grupo Control	Chi cuadrado	p
Procesamiento fonológico	N. silábico	10,5 (2,2)	14,1 (1,2)	25,0	< 0.001
	N. Intrasilábico	8,6 (3,7)	16,9 (2,8)	30,5	< 0.001
	N. Fonémico	5,4 (1,4)	8,8 (0,8)	34,9	< 0.001
	Total de la batería	24,6 (6,0)	39,9 (4,7)	30,9	< 0.001
	Palabras (precisión)	23,6 (10,9)	39,2 (1,0)	35,0	< 0.001
	Palabras (tiempo (s))	181,6 (135,5)	41,12 (13,6)	33,4	< 0.001
	Pseudopalabras (precisión)	19,0 (10,5)	38,2 (2,0)	36,5	< 0.001
Lectura	Pseudopalabras (tiempo (s))	190,12 (116,2)	63,9 (15,8)	30,2	< 0.001
	Texto (precisión)	1,9 (1,2)	3,5 (0,5)	22,5	< 0.001
	Texto (tiempo (s))	215,4 (129,5)	51,6 (17,9)	34,6	< 0.001
Escritura	Palabras	13,9 (8,5)	36,9 (6,7)	33,1	< 0.001
	Oraciones	4,0 (1,3)	10,1 (4,5)	28,3	< 0.001
	Total	18,0 (8,8)	47,0 (9,9)	34,3	< 0.001

Nivel de significancia:  $p < .05$ . Entre paréntesis desviación estándar.

En la figura 12 se puede observar la distribución de los resultados con relación a los aciertos en las tareas de lectura a partir del análisis previo con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. En este *boxplot* se evidencia la diferencia de rendimiento entre los grupos: Dislexia y Control, siendo esta diferencia mucho más marcada para la tarea de lectura de palabras y pseudopalabras, donde el grupo control tuvo una concentración de resultados hacia los puntajes más altos, mientras que los participantes del grupo con dislexia presentan mayor variabilidad en los resultados de estas dos tareas.

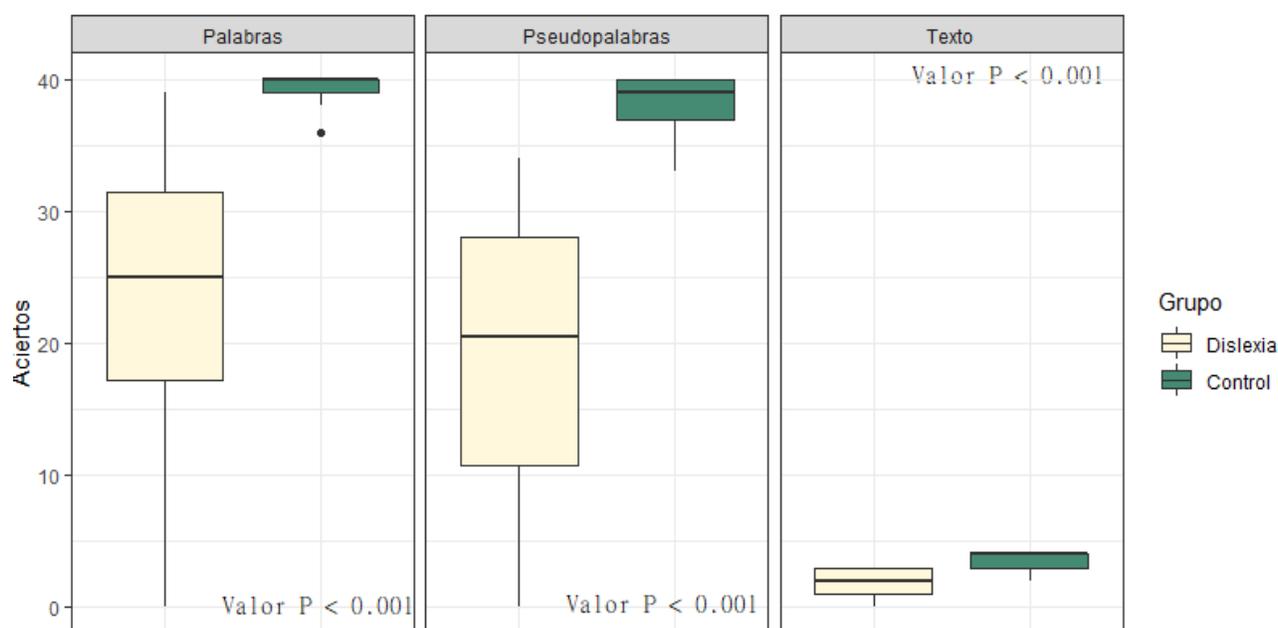


Figura 12. *Boxplot*. Aciertos en las tareas de lectura: Palabras, pseudopalabras y texto

Se analizó el rendimiento lector a partir de las medidas identificadas en el *Eye Tracker* como se observa en la tabla 9. Las métricas analizadas fueron duración total de la fijación y el número total de fijaciones en el área de interés. Ambas variables resultaron estadísticamente significativas para las 3 tareas analizadas: Lectura de palabras, pseudopalabras y texto.

**Tabla 9.** Análisis variables Eye tracker: Lectura de palabras, pseudopalabras y texto

Variable	Tareas	Grupo con Dislexia	Grupo Control	t	p
Duración total de la fijación	Lectura de palabras	138,8 (123,2)	35,6 (15,8)	4,15	< 0.001
	Lectura de pseudopalabras	120,3 (79,9)	57,9 (21,2)	3,76	< 0.001
	Lectura de texto	136,4 (67,0)	34,9 (16,9)	7,33	< 0.001
Número total de fijaciones	Lectura de palabras	417,5 (304,2)	145,5 (56,2)	4,39	< 0.001
	Lectura de pseudopalabras	370,6 (242,5)	220,4 (74,4)	2,96	0.005
	Lectura de texto	392,3 (162,8)	160,0 (58,7)	6,7	< 0.001

Ente paréntesis: Desviación estándar. Nivel de significancia:  $p < .05$

El *Gaze Plot* permite evidenciar el patrón de fijaciones (cantidad y duración) mediante circunferencias y las sacadas por medio de líneas. En la figura 13 se describe el *Gaze Plot* para un participante con dislexia (a y c) y un participante del grupo control (b y d) para las tareas de lectura de palabras y pseudopalabras, señalando diferencias en el recorrido visual que hacen los participantes.

Los participantes con dislexia presentan un patrón de recorrido visual mucho más desorganizado, sumado a un número mayor de fijaciones durante la tarea que se evidencia por el número de círculos que se describen en la figura a y c. El tamaño de las circunferencias es de mayores dimensiones en el participante con dislexia, evidenciando como este, requiere mayor tiempo en cada fijación que realiza durante la lectura de palabras y pseudopalabras.

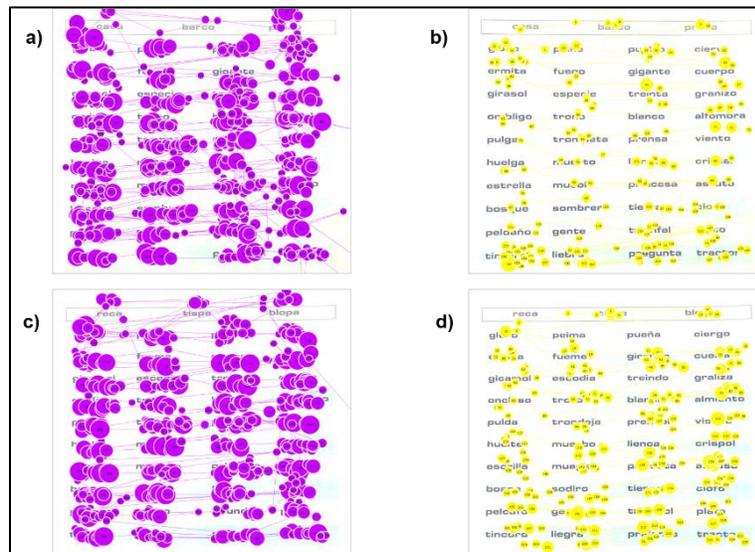


Figura 13. *Gaze Plot*: Lectura de palabras (a, b) y lectura de pseudopalabras (c, d). a y b: Grupo con Dislexia, b y d: Grupo Control

En la figura 14 se evidencia las diferencias en el rendimiento para las tareas de escritura. Al igual que en las tareas de lectura, el grupo con dislexia presenta un desempeño por debajo de la media, siendo las diferencias estadísticamente significativas.

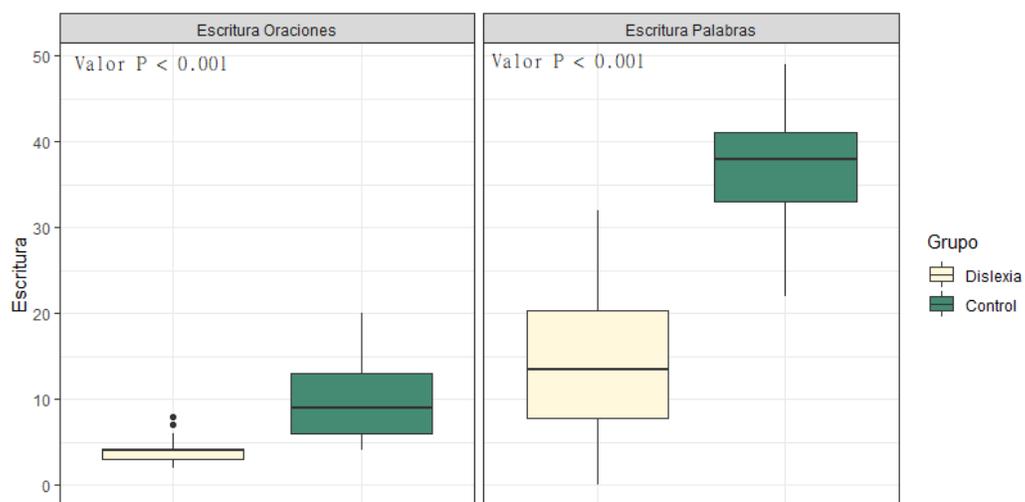


Figura 14. Boxplot: Aciertos en las tareas de escritura: Palabras y oraciones

### 5.3 Perfil de desempeño en tareas de AE: Modalidades y estímulos de la tarea

El primer objetivo de esta investigación fue caracterizar el perfil de desempeño en tareas de AE de niños con dislexia, analizando el rendimiento a partir de las cuatro tareas de AE propuestas que diferían en términos de modalidad y estímulo usado. Para esto, se analizaron los tiempos de reacción y precisión de los participantes durante las cuatro tareas.

Para evaluar si se dio AE en los grupos de estudio, se procedió a realizar *pruebas t* de una muestra que comparaban el rendimiento de cada grupo con el nivel de probabilidad (50%) de aprendizaje al azar para cada tarea de AE. Como grupo, los participantes mostraron aprendizaje estadístico con una puntuación de precisión media que se encuentra significativamente por encima del azar para cada una de las tareas: visual no lingüística: 61,2% ( $t(49) = 4.2$ ,  $p < .0001$ ), visual lingüística: 55% ( $t(49) = 1,9$ ,  $p .04$ ), auditiva no lingüística: 60% ( $t(49) = 5.0$ ,  $p < .0001$ ) y auditiva lingüística: 70% ( $t(49) = 8,7$ ,  $p < .0001$ ).

En la tabla 10 se presenta el análisis descriptivo para las 4 tareas de AE a partir de las variables de tiempo de reacción e índice de precisión, así como la significancia de estos resultados.

**Tabla 10.** Análisis entre grupos: Tareas de Aprendizaje Estadístico

Modalidad	Estímulo	Medidas	Grupo con Dislexia	Grupo Control	<i>p</i>
Visual		Aciertos	7,5 (1,3)	12,1(2,4)	< 0.001

<b>Auditiva</b>	<b>NL</b>	Tiempo de reacción	1141,1	798,9	<b>0,02</b>
		(ms)	(648,8)	(546,5)	
		Aciertos	6,76 (1,8)	10,8 (2,0)	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>L</b>	Tiempo de reacción	1130,6	1020,2	<b>0,032</b>
		(ms)	(524,4)	(400,9)	
	<b>NL</b>	Aciertos	8,7 (1,8)	10,6 (2,4)	<b>,002</b>
		Tiempo de reacción	1067,7	831,7	0,71
		(ms)	(1571,8)	(499,0)	
	<b>L</b>	Aciertos	9,4 (1,9)	12,9 (1,8)	<b>&lt; 0.001</b>
		Tiempo de reacción	781,6 (336,1)	649,5	0,25
	(ms)		(218,7)		

NL: No lingüístico; L: Lingüístico; ms: milisegundos

Nivel de significancia:  $p < .05$

Las figuras 15 y 16 representan las diferencias en la distribución de los datos entre los grupos Dislexia y control en términos de precisión y tiempo respectivamente para las cuatro tareas de AE.

A nivel de precisión, se evidencia diferencias estadísticamente significativas en todas las tareas, sugiriendo que los niños con dislexia presentan menores aciertos en relación con sus controles en tareas de AE que implica el aprendizaje de regularidades, independientemente de la modalidad que se use para la tarea: visual o auditiva y el estímulo: lingüístico o no lingüístico.

Al analizar el desempeño entre las tareas, los datos sugieren que los niños con dislexia presentan un rendimiento para las tareas de aprendizaje estadístico auditivo oscilando la media entre el 54% al 58% de precisión, por su parte, las tareas de aprendizaje visual presentan un rendimiento menor, ubicándose entre el 42% al 47% de precisión.

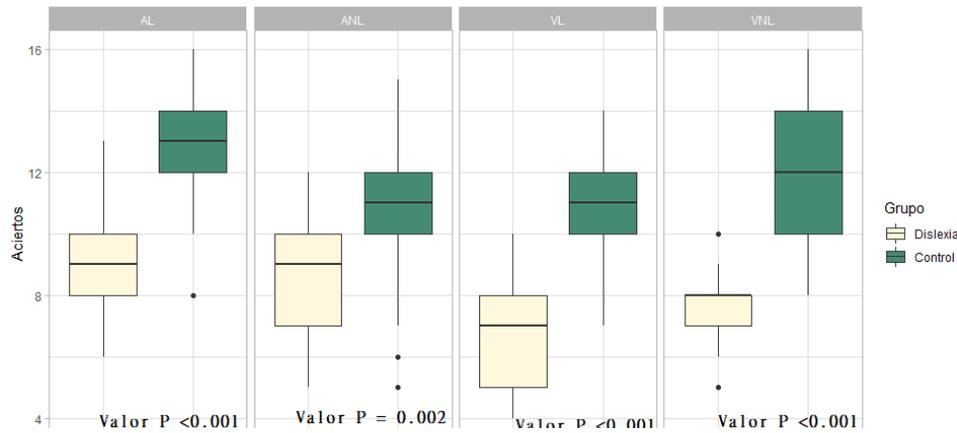


Figura 15. Comparación entre grupos: Aciertos para las tareas de AE

En relación con la medida de tiempo de reacción, se evidencian diferencias significativas en las tareas de la modalidad visual, pero no en la modalidad auditiva. En las tareas auditivas, el grupo con dislexia y los controles no se diferenciaron en el tiempo que tardaron para responder a la tarea, independientemente del estímulo usado. Por su parte, en las tareas visuales los participantes con dislexia se demoraron más durante la fase de elección forzada para las tareas de AE de modalidad lingüística y no lingüística.

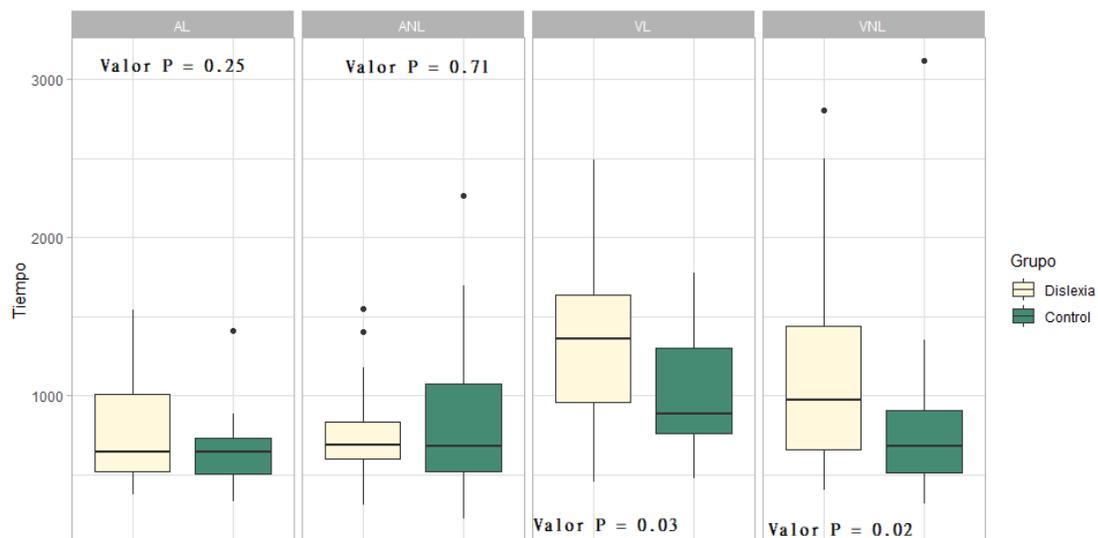


Figura 16. Comparación entre grupos: Tiempos de reacción para las tareas de AE

## 5.4 Relación entre el desempeño de las tareas de AE y la lectura y escritura

Para responder a la segunda pregunta sobre la relación entre el desempeño en tareas de AE y la lectura y escritura, se realizaron matrices de correlación entre la variable de lectura y escritura de palabras y pseudopalabras junto con las variables de las tareas de AE. La correlación permite cuantificar la relación entre las variables del estudio independientemente de la dependencia entre estas. Se usa el coeficiente de Pearson debido a que se busca evaluar la relación lineal entre las variables del estudio como se describe más adelante.

En la tabla 11 se observan las correlaciones de Pearson para las variables de Lectura y AE. A partir de esta matriz de correlación, se puede identificar como la variable de tiempo de reacción para las tareas de aprendizaje estadístico, no se correlacionaron con los índices de precisión y tiempo en las tareas de lectura de palabras y pseudopalabras, exceptuando el tiempo de reacción para la tarea visual no lingüística, que se correlaciona con las medidas de aciertos y tiempo para las tareas de lectura, siendo un indicador de aprendizaje altamente sensible a las tareas de lectura.

Por su parte, las variables de precisión de las tareas de AE se correlacionaron con el índice de precisión para la tarea de lectura de palabras. En la tarea de lectura de pseudopalabras, no se correlacionó la precisión ni el tiempo de la tarea auditiva no lingüística.

Se evidencia que la tarea de AE auditiva no lingüística, presenta una baja correlación con respecto a las demás variables analizadas. El tiempo de reacción de esta variable, no se correlacionó con ninguno de los ítems de lectura y el nivel de aciertos sólo se correlacionó con el índice de precisión para las tareas de lectura de palabras y pseudopalabras.

**Tabla 11. Matriz de correlación: Lectura y tareas de AE**

	P (a)	P (t)	PS (a)	PS (t)	VNL (a)	VNL (t)	VL (a)	VL (t)	ANL (a)	ANL (t)	AL (a)	AL (t)
<b>P (a)</b>		-,660**	,943**	-,583**	,561**	-,127	,647**	-,343*	,394**	-,098	,521**	-,047
<b>P (t)</b>			-,660**	,881**	-,505**	,142	-,564**	,490**	-,218	-,025	-,485**	,110
<b>PS (a)</b>				-,583**	,621**	-,129	,694**	-,329*	,407**	-,018	,515**	-,037
<b>PS (t)</b>					-,449**	,193	-,561**	,346*	-,148	,009	-,504**	,269
<b>VNL (a)</b>						-,265	,530**	-,373**	,489**	-,207	,496**	-,099
<b>VNL (t)</b>							-,242	-,021	-,144	,385**	-,097	,087
<b>VL (a)</b>								-,349*	,339*	-,233	,440**	-,177
<b>VL (t)</b>										,079	-,175	,222
<b>ANL (a)</b>										-,198	,091	,063
<b>ANL (t)</b>											,072	,199
<b>AL (a)</b>												-,353*
<b>AL (t)</b>												

P: lectura de palabras, PS: Lectura de pseudopalabras, (a): aciertos, (t): tiempo, VNL: tarea visual no lingüística, VL: tarea visual lingüística, AL: tarea auditiva lingüística ANL: tarea auditiva no lingüística

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)., \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

La tabla 12 representa la matriz de correlación entre el desempeño de los participantes en escritura y las tareas de aprendizaje estadístico. Los aciertos en las tareas de escritura de palabras y oraciones se correlacionaron con los aciertos en cada una de las tareas de aprendizaje, independientemente de la modalidad y estímulo. Los tiempos de reacción de las tareas de AE no tuvieron correlación con las medidas de escritura.

**Tabla 12.** Matriz de correlación: Escritura y tareas de AE

	EP	EO	VNL (a)	VNL (t)	VL (a)	VL (t)	ANL (a)	ANL (t)	AL (a)	AL (t)
EP		,705**	,719**	-,162	,734**	-,383**	,423**	-,133	,663**	-,175
EO			,544**	-,040	,537**	-,254	,381**	-,008	,429**	-,222
VNL (a)				-,265	,530**	-,373**	,489**	-,207	,496**	-,099
VNL (t)					-,242	-,021	-,144	,385**	-,097	,087
VL (a)						-,349*	,339*	-,233	,440**	-,177
VL (t)							-,088	,079	-,175	,222
ANL (a)								-,198	,091	,063
ANL (t)									,072	,199
AL (a)										-,353*
AL (t)										

EP: escritura de palabras, EO: Escritura de oraciones, (a): aciertos, (t): tiempo, VNL: tarea visual no lingüística, VL: tarea visual lingüística, AL: tarea auditiva lingüística, ANL: tarea auditiva no lingüística

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)., \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

## 5.5 Modelos explicativos: Relación AE y lectoescritura

Después de determinar la fuerza de la asociación entre las variables de estudio a través de las correlaciones, se procedió a hacer dos modelos de regresión lineal que permitieran describir cómo es la relación entre dichas variables y predecir la variable dependiente o exógena, que en este caso es la precisión en la tarea de lectura y escritura de palabras, a partir de las variables independientes o endógenas que, para este caso, fueron el desempeño en las tareas de AE.

Se realizó un primer modelo de regresión lineal múltiple teniendo en cuenta el cumplimiento de las condiciones para poder llevar a cabo este análisis (linealidad de la relación, no presencia de valores extremos y distribución normal de residuos). La lectura de palabras (precisión) actuó como variable dependiente y como variables independientes los resultados de AE. En este modelo se asume como variables predictoras el rendimiento en las tareas de AE logrando explicar hasta el 49% de la variabilidad en la tarea de lectura (tabla 13). No obstante, este modelo predice menos

del 50% de dicha variabilidad con un valor de  $F=13$ . Se evidencia valores significativos con una  $p < 0.05$  para la variable VL y AL dentro de los coeficientes utilizados dentro del modelo (tabla 14). Estas dos medidas de AE, incluyen tareas lingüísticas y son las que presentan mayor relación en el modelo.

**Tabla 13.** Modelo de regresión lineal Múltiple: Lectura como variable dependiente

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error típico
1	,734 <sup>a</sup>	,539	,498	7,799

a. variables predictoras: VNL, VL, AL, ANL

b. Variable dependiente: lectura de palabras

**Tabla 14.** Modelo de regresión lineal Múltiple: Coeficientes del modelo 1

	Beta	t	Sig.
(Constante)		-1,122	,268
VNL: Aciertos	,136	,962	,341
VL: Aciertos	,404	3,237	<b>,002*</b>
ANL: Aciertos	,167	1,387	,172
AL: Aciertos	,260	2,106	<b>,041*</b>

El gráfico de dispersión presentado en la figura 17 permite ver las relaciones entre las tareas de AE y lectura. Se evidencia como el factor grupo (Dislexia y Control), permite diferenciar el rendimiento de los participantes tanto para la tarea de lectura como para las tareas de AE. En este caso, los participantes del grupo control quienes presentan un nivel mayor de lectura, presentan un nivel mayor para tareas de AE y los participantes con dislexia, quienes presentan puntuaciones menores en las tareas de AE, presentan a su vez puntuaciones bajas en la tarea de lectura.

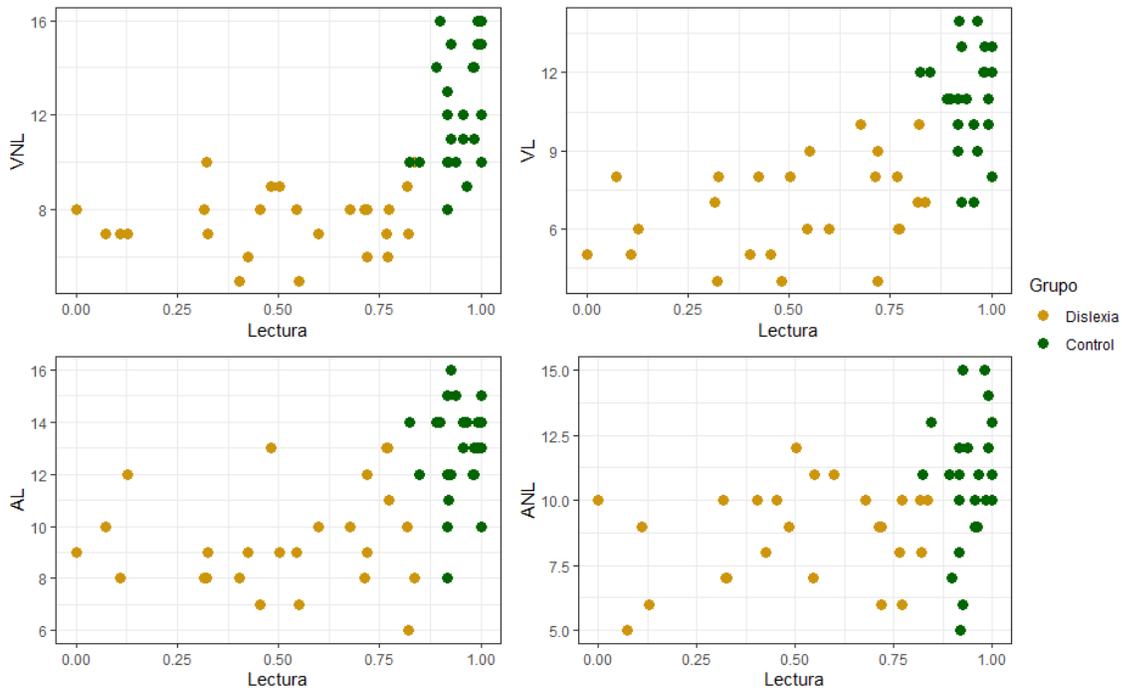


Figura 17. Gráfico de dispersión: Lectura y precisión en tareas de AE

Teniendo en cuenta, que el español es una lengua transparente y que el sistema de escritura presenta más inconsistencias en la relación grafema - fonema, es plausible que los niños con dislexia requieran de mayores habilidades de AE para detectar dichas regularidades en la escritura. Para poder evaluar esta hipótesis, se realiza el segundo modelo de regresión lineal múltiple, donde se describe como variable independiente la escritura de palabras y como variables predictoras el nivel de precisión de las tareas de AE obteniendo el modelo que se describe en la tabla 15. Este modelo explica el 74% de la variabilidad de los resultados en escritura de los participantes con un valor de  $F=37,2$ . En este modelo las tareas VNL, VL y AL presentan una  $p < 0.05$  siendo valores estadísticamente significativos (tabla 16).

**Tabla 15.** Modelo de regresión lineal Múltiple: Escritura como variable dependiente

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error típico
1	,876a	,768	,747	6,979

- a. variables predictoras: VNL, VL, AL, ANL  
 b. Variable dependiente: escritura de palabras

**Tabla 16.** Modelo de regresión lineal Múltiple: Coeficientes del modelo 2

	Beta	t	Sig.
(Constante)		-5,416	,000
VNL: Aciertos	,284	2,829	,007*
VL: Aciertos	,394	4,458	,000*
ANL: Aciertos	,119	1,399	,169
AL: Aciertos	,337	3,846	,000*

En la figura 18 se observa en el gráfico de dispersión las relaciones entre el desempeño en escritura y en tareas de AE. En el cuadrante inferior izquierdo, se evidencia que la relación para la tarea VNL está dada por el grupo y no por las variables en sí, ya que al analizar de forma aislada el grupo control y el grupo con dislexia, no se evidencia esta relación lineal y el tener puntajes altos en la tarea VNL, no se explica de forma directa por el rendimiento escrito. En este sentido, las variables predictoras VL y AL son aquellas que presentan una alta relación con el rendimiento en tareas de escritura.

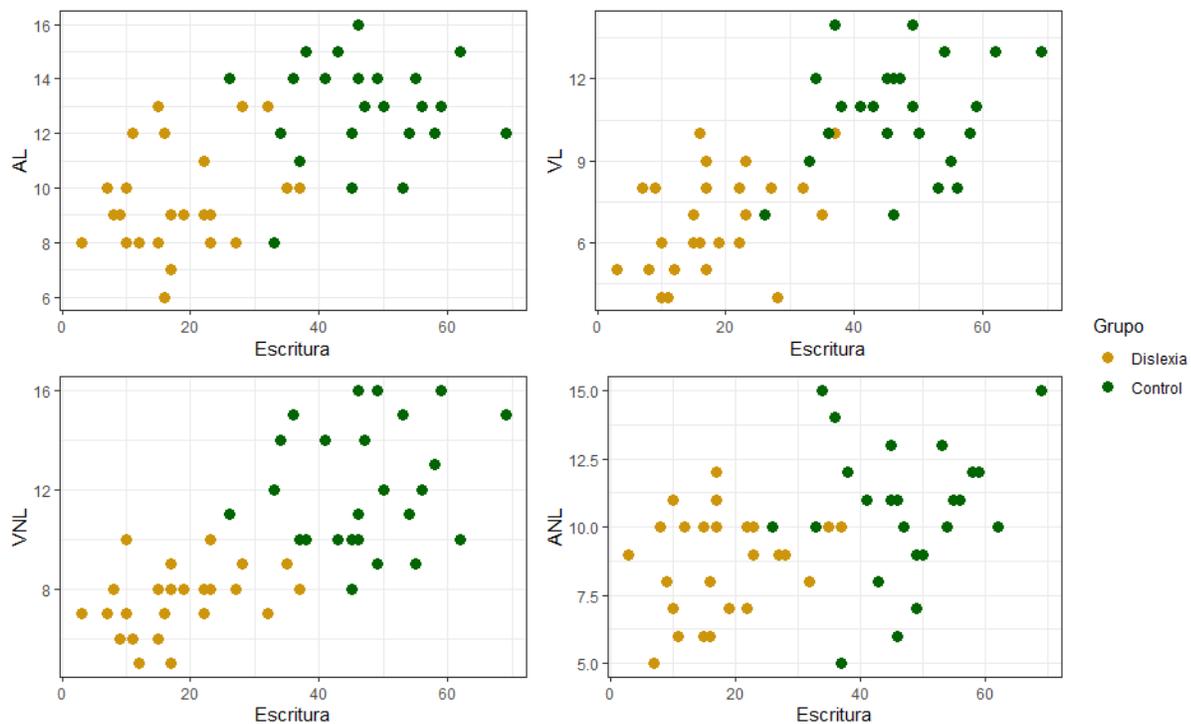


Figura 18. Gráfico de dispersión: Escritura y precisión en tareas de AE

Después de realizar los modelos de regresión y describir las diferencias significativas dadas por las tareas de AE entre el grupo con dislexia y el grupo control, es válido inferir que dichas tareas permitan predecir a partir de los resultados en las mismas de un niño aleatorio, la probabilidad de encontrarse dentro del grupo con dislexia o no. Para esto se construyó un modelo de regresión logística teniendo como variables de respuesta la indicadora de si un niño tiene dislexia o no (1 = Dislexia, 0 = Control) y las variables explicativas como los aciertos en las cuatro tareas de aprendizaje estadístico junto con el tiempo de reacción de las tareas de aprendizaje estadístico de modalidad visual, ya que estas mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

En la tabla 17 se presenta el modelo de regresión logística, dando como resultado la probabilidad de pertenecer al grupo 1 (dislexia) a partir de las tareas de AE

**Tabla 17.** Modelo de regresión logística: Probabilidad de Dislexia

Coeficiente	ET	Exp ( $\beta$ )	Error estándar	Z	$p$
VNL	-0,60	0,54	0,31	-1,95	0,05
VL	-0,42	0,65	0,26	-1,60	0,11
ANL	0,53	1,69	0,30	1,79	0,07
AL	-0,19	0,82	0,21	-0,92	0,36
T_VNL	0,00	1	0,00	2,41	0,02
T_VL	0,00	1	0,00	2,59	0,01

En el siguiente *boxplot* (figura 19) se observa las probabilidades estimadas de tener dislexia para ambos grupos de estudio. El eje X presenta la distribución real de los grupos y el eje Y la probabilidad estimada, encontrando que en general para los participantes del grupo control, las probabilidades estimadas de tener dislexia están por debajo del 40%, aunque existen casos atípicos de probabilidades por encima del 70%, pero esto, hace parte de la aleatoriedad de la información. Por tanto, se estima que este es un punto de corte aceptable para realizar la clasificación de los participantes.

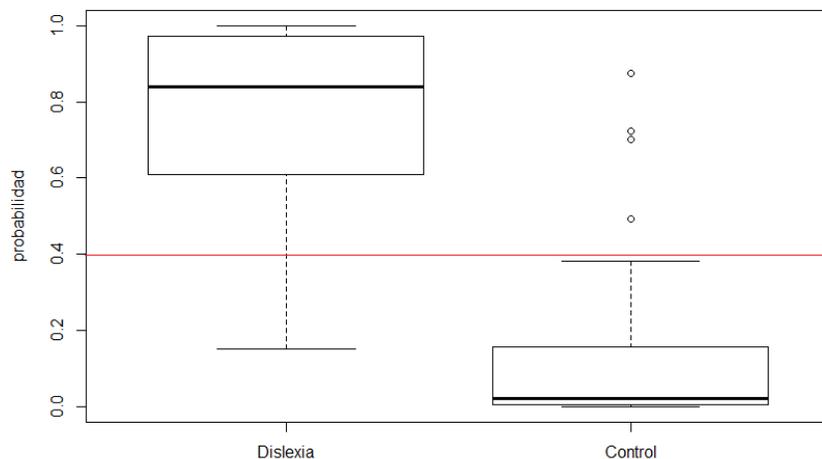


Figura 19. Boxplot: Regresión logística: Probabilidad de dislexia

Con dicho criterio, se calcula la matriz de confusión que muestra la clasificación real versus la clasificación estimada de los 50 niños y se puede calcular el *accuracy*, que es

un indicador de buena clasificación. La matriz de confusión presentada en la tabla 18 muestra que, de los 50 sujetos participantes, 44 se clasifican en el grupo esperado, por lo que el modelo cuenta con un *accuracy* del 88%, siendo este un porcentaje alto, que permite validar la hipótesis planteada al inicio de esta sección.

**Tabla 18.** Matriz de confusión: Probabilidad de Dislexia

	Estimada	
Real	1	0
Dislexia	23	2
Control	4	21

## 5.6 Análisis de mediación: Lenguaje Oral y AE

Para evaluar si existen factores lingüísticos que estén mediando las relaciones observadas entre el grupo con dislexia y el grupo control en las tareas de AE, se procedió a hacer un análisis de mediación (ANCOVA) para determinar si las diferencias grupales en las tareas de AE se debieron a las diferencias en el rendimiento en tareas de lenguaje.

La medida del *Núcleo de Lenguaje*, es una medida central de lenguaje oral del participante y se correlacionó con la precisión para todas las tareas: VNL ( $r = .82$ ), VL ( $r = .70$ ), ANL ( $r = .44$ ) y AL ( $r = .68$ ). Por esta razón, se tomó como covariable dentro de los análisis de ANCOVA realizados.

Con relación al desempeño para la tarea VNL, cuando se ingresó el núcleo de lenguaje como covariable, las diferencias en el índice de precisión no fueron significativas entre los grupos ( $p = 0,2$ ) con un valor de  $F (1,6)$ . Este mismo comportamiento sucedió para las tareas ANL:  $F (3,4) p = 0,67$  y AL:  $F (0,18) p = 0,71$ . La tarea de AE visual lingüística, no mostró este comportamiento al ingresar la covariable de lenguaje, manteniendo las

diferencias entre grupos ( $p= 0,01$ ). Esta tarea, usa pseudopalabras creadas a partir de reglas de gramática artificial, siendo una tarea de alta complejidad para niños con dislexia, puesto que requiere aprender de forma implícita regularidades grafotácticas, por lo que, aun controlando la variable de lenguaje, sigue siendo un desempeño significativamente diferente entre los grupos de estudio.

Estos resultados de mediación sugieren que el nivel de lenguaje (núcleo de lenguaje) podría explicar parte de las diferencias observadas previamente entre los grupos para tres de las cuatro tareas de AE utilizadas en este estudio.

## 6. Discusión

La presente investigación tuvo por objetivo identificar la relación entre el Aprendizaje Estadístico y lectoescritura en una ortografía transparente como el español en una muestra de 25 niños con dislexia de 9 a 12 años, pareados por edad y género con un grupo control. Dentro de los datos demográficos de la muestra, es importante resaltar que el 64% de los participantes era de género masculino y que como lo describe Rutter et al. (2004) en su metaanálisis existe una alta prevalencia de dislexia en este grupo poblacional, oscilando esta relación de 2-4 (niños): 1 (niña), indicando que es necesario realizar mayores investigaciones que permitan determinar las influencias causales que subyacen a la diferencia de sexo en la dislexia así como para favorecer programas de intervención enfocados a esta población.

A continuación, se presenta el análisis realizado y contrastado con la literatura actual a partir de las preguntas planteadas al inicio de esta investigación:

*¿Cuál es el perfil de desempeño en tareas de AE y cómo se comportan las diferentes modalidades y estímulos utilizados en el rendimiento de niños con y sin dislexia en español?*

Uno de los grandes desafíos en la investigación en dislexia desde el enfoque neurocognitivo, es comprender las bases que llevan a la presencia de dicha dificultad. Para esto, una perspectiva teórica de estudio ha sido el AE, puesto que permite examinar la capacidad que tienen los niños para extraer información sobre patrones secuenciales por medio de la mera exposición y ver como esta capacidad se relaciona con la lectoescritura, ya que durante el proceso de alfabetización y acceso al código escrito, se hace necesario extraer patrones, comprender las relaciones grafotácticas del español e hipotetizar posibles relaciones entre los grafemas y fonemas en el idioma.

Desde esta visión, los hallazgos de esta investigación indican que los niños con dislexia en una ortografía transparente, que pareciera no necesitar de aprendizaje implícito, presentan una precisión menor para tareas de AE, independientemente de la modalidad de entrada sensorial (visual/auditiva) y del estímulo (lingüístico/no lingüístico) en comparación con el grupo control. Estos resultados sugieren que a los niños con dislexia en español se les dificulta la extracción de información secuencial, cuando la instrucción frente al aprendizaje no se da de forma explícita y se requieren de habilidades de aprendizaje implícito para contrastar patrones, asociar información y evaluar posibilidades posteriores.

Como lo describe Schmalz et al. (2017) encontrar esta diferencia entre los grupos de forma consistente permite pensar que existe un mecanismo de aprendizaje estadístico de dominio general, puesto que a pesar de que se usaron diferentes estímulos para que se diera este aprendizaje, los índices de precisión para todas las tareas fueron menores en el grupo con dislexia. De igual forma, sugiere que, aunque el español se caracteriza por su transparencia en las relaciones grafema – fonema, este conocimiento es insuficiente y se requiere de habilidades de aprendizaje implícito para aprender patrones de la lectoescritura en español.

Por lo anterior, se infiere que los niños con dislexia en español tienen un déficit en el aprendizaje estadístico y que las diferentes tareas aprovechan la misma construcción cognitiva y se rigen por principios universales que como lo describe el modelo de aprendizaje estadístico planteado por (Frost et al., 2015), la modalidad sensorial de entrada presenta ciertas restricciones, pero la información se codifica de forma secuencial a partir de principios de distribución general.

En relación a la modalidad, este estudio contemplo dos modalidades en las tareas de AE evidenciando una interacción significativa para este aspecto  $F(1,48) = 22,9$ ,  $MSE = 2,8$ ,  $p < 0,001$ . Es importante resaltar que como lo explican Qi, Sanchez Araujo, Georgan, Gabrieli, y Arciulim (2019) tanto las tareas de AE visuales como las tareas auditivas, contribuyen a la adquisición implícita de regularidades que reflejan

correspondencias en ortografía y fonología. Estos autores resaltan la importancia de evaluar ambas modalidades ya que se ha descrito que las tareas visuales podrían relacionarse con la adquisición implícita de probabilidades de transición entre las letras, mientras que las tareas auditivas podrían apoyar la adquisición implícita de habilidades fonológicas, por lo que incluir ambas modalidades favorece clarificar la relación entre la ortografía y la fonología.

Dentro de los resultados encontrados, se evidenció que los niños con dislexia presentaron un rendimiento mayor para tareas de modalidad auditiva con una proporción de 0,58 sobre 0,46 para las tareas visuales. Aunque este tipo de tareas auditivas no se ha realizado en la población objeto de este estudio, Conway y Christiansen (2005) encontraron un efecto cuantitativo para las tareas de AE de modalidad auditiva, resaltando que los participantes de su estudio, que estaba conformado por estudiantes universitarios, presentaron un mayor rendimiento para este tipo de tareas en relación a las tareas visuales y táctiles, sugiriendo que estas diferencias se deben a las restricciones de modalidad, que para el caso del AE afecta la forma en que la persona percibe los elementos secuenciales de la cadena de estímulos presentados.

Para el caso de esta investigación, todas las tareas contaron con el mismo número de ensayos en la fase de familiarización y en la fase de prueba, así como el mismo tiempo de presentación de los estímulos. Sin embargo, dos de las tareas contaron en la fase de elección forzada con estímulos nuevos que seguían las reglas de los estímulos presentados en la fase de familiarización. El análisis intra-tareas no evidencia un efecto de interacción  $F(1,48) = 0,5$ ,  $MSE = 5,1$ ,  $p = 0,4$  indicando que aunque la tarea de elección forzada utilizara estímulos vistos en la fase de familiarización o estímulos completamente nuevos pero que seguían las mismas reglas presentadas en la fase inicial, no hubo diferencia en el rendimiento de los niños con dislexia, persistiendo la dificultad en aprender patrones secuenciales si la instrucción de aprendizaje no es explícita independientemente del componente de generalización.

Chen y Yu (2017) describen que usar estímulos que permiten la generalización de una regla dentro de este tipo de diseños experimentales permite a los investigadores examinar hasta qué punto los aprendices pueden usar estadísticas de situaciones cruzadas para aprender regularidades. No obstante, en este caso, la implementación de este tipo de estímulos no difirió en los resultados de aprendizaje para el grupo con dislexia, por lo que es plausible pensar que el AE se rija por procesos ascendentes específicos de modalidad y procesos descendentes generales de dominio (Daltrozzo y Conway, 2014) que hace que independiente de la modalidad y estímulo, el AE se rige por los mismos principios de distribución, lo que da como resultado que no se presenten efectos dentro de las tareas.

En tiempo de respuesta, las tareas de AE de modalidad visual presentaron diferencias estadísticamente significativas presentando una  $p= 0,02$  para la tarea VNL y  $p= 0,032$  para la tarea VL. No obstante, en general los niños con dislexia mostraron tiempos de reacción mayores para todas las tareas. La causa de esta lentitud en la respuesta frente a tareas de AE no es clara y como lo describen van der Kleij, Segers y Verhoeven, (2019) puede deberse a factores como la velocidad de procesamiento o una respuesta motora más lenta. No obstante, otras investigaciones han mostrado que los niños con dislexia de ortografías transparentes como el alemán, presentan baja velocidad para diferentes tareas secuenciales que implican el procesamiento de elementos visuales (Wimmer, 1993) y en finlandés Holopainen, Ahonen, y Lyytinen (2001) han descrito que la baja velocidad durante tareas de denominación rápida es uno de los predictores más relevantes en los estudios de dislexia, más que las medidas de conciencia fonológica.

En apoyo a la investigación de Nigro (2015), los resultados de esta investigación describen el AE como una capacidad de aprendizaje implícito que permite el aprendizaje de regularidades visuales y auditivas en niños con un rendimiento lector dentro de la media para su edad y grado escolar, a diferencia de los niños con dislexia.

*¿Existe relación entre el desempeño de las tareas de AE y la lectura y escritura en niños con dislexia?*

Los resultados del estudio actual describen correlaciones significativas para la tarea de lectura y escritura de palabras en relación con la precisión en las tareas de AE. Se evidencia alta correlación para las tareas de AE de modalidad visual; esto puede deberse a que las tareas de modalidad visual se han asociado a la adquisición implícita de probabilidades de transición entre las letras (ortografía) (Qi, 2019), siendo esta una de las dificultades más relevantes en niños con dislexia en ortografías transparentes, donde se ha descrito que el componente fonológico suele ser un predictor menor de dichas dificultades, a diferencia del componente ortográfico y de velocidad lectora (Serrano y Defior, 2008).

Los hallazgos indican que la correlación entre tareas de AE y escritura de palabras para la tarea VNL  $r = ,71$  y para la tarea VL  $r = ,73$ . fue mayor que las correlaciones dadas en el componente lector. Este resultado supone que se requiere de mayores habilidades de AE para tareas de escritura que para tareas de lectura donde el coeficiente de correlación fue  $r = ,56$ . Se sugiere que existe una relación diferenciada para las tareas de lectura y escritura en relación con las tareas de AE, siendo las tareas visuales mucho más predictivas y explicando en mayor medida la relación con la escritura en ortografías transparentes como el español.

*¿El rendimiento en tareas de AE puede explicar el desempeño lector y escrito de los niños con dislexia?*

Este estudio es uno de los primeros acercamientos para explicar el comportamiento de la dislexia en ortografías transparentes como el español y su posible relación con el desempeño en tareas de AE. Para el caso de la muestra, se evidencia que el AE juega un papel fundamental para el rendimiento escrito, evidenciado en el modelo de

regresión, donde las tareas de AE explican más del 70% de la varianza total de los resultados para la tarea de escritura.

En relación con la lectura, el modelo explica menos del 50% de la varianza total, evidenciando como las tareas que tienen un componente lingüístico se relacionan en alguna medida con esta habilidad lectora. No obstante, al tener un tamaño de efecto pequeño, este resultado se relacionaría con lo descrito por Nigro, et al (2015) que en su estudio en población hablante del español, describe que el aprendizaje implícito de regularidades, no está tan fuertemente relacionado con la lectura en español, pero sí con los procesos de escritura.

Sin embargo, al realizar el modelo de regresión logística, se evidencia que a partir de las tareas de AE se puede identificar con un porcentaje de exactitud del 80% aquellos niños con diagnóstico de dislexia del resto del grupo, sugiriendo que estas tareas son altamente predictivas al momento de evaluar niños con dislexia, puesto que las dificultades de aprender patrones de forma implícita, podría estar incidiendo en el desempeño de otras habilidades de alfabetización, como la lectura y escritura (Arculi, 2011). Estos hallazgos resaltan la importancia de continuar investigando esta relación y la necesidad de hacer estudios longitudinales que permitan reconocer el patrón evolutivo del AE a lo largo de los primeros años de educación.

Las tareas de AE que mayor relación tuvieron con el rendimiento en tareas de lectura y escritura fueron las tareas lingüísticas, que estaban conformadas por pseudopalabras que requerían de identificar patrones a partir de unas reglas creadas desde el paradigma de gramática artificial. Estas tareas se parecen más a los procesos de lectura y escritura, ya que requieren procesar patrones grafotácticos de forma visual o auditiva, identificar de forma implícita una regla y asociar esta información lingüística durante la fase de elección forzada, por lo que se puede inferir que estas tareas sean más difíciles para niños con dislexia, puesto que como lo indica Nigro et al (2016) una de las características de la dislexia es la incapacidad de automatizar los patrones escritos a pesar de la exposición repetida a la impresión, sumado a hallazgos que han encontrado que los niños con dislexia son menos precisos para discriminar, identificar

y/o repetir los sonidos en palabras (Farquharson, Centanni, Franzluebbbers, y Hogan, 2014).

En resumen, se confirma la hipótesis de que existe una posible relación entre AE y dislexia en español, evidenciando que esta relación es más fuerte para procesos escritos que para procesos lectores y que esta diferencia puede deberse a la transparencia de la lengua. Este resultado apoya investigaciones anteriores que han encontrado existencia de un déficit en el aprendizaje de secuencia implícita en niños disléxicos en ortografías transparentes (Jiménez-Fernández, Vaquero, Jiménez, y Defior, 2011) evidenciando que este déficit se observa cuando los participantes no reciben instrucciones implícitas para aprender patrones secuenciales de diferente modalidad.

*¿Existen factores lingüísticos que medien las diferencias encontradas en tareas de AE para el grupo dislexia y el grupo control?*

Encontrar una relación entre AE y dislexia permite pensar en qué factores influyen en esta relación. Al realizar el análisis de mediación se evidencia como al controlar el lenguaje oral, las diferencias entre grupos para las tareas de AE ya no son significativas. Estos hallazgos describen que el AE puede estar mediado por habilidades lingüísticas que en niños con dislexia se encuentran debilitadas.

El lenguaje oral ha sido ampliamente estudiado en niños en desarrollo, encontrándose como un factor protector para las dificultades de lectura (Adlof y Hogan, 2018; Colenbrander et al., 2018) cuando se encuentran buenas habilidades de lenguaje oral, así como un factor que riesgo, cuando los niños presentan constantes dificultades de lenguaje oral, previo al proceso de alfabetización (Snowling, 2014; Snowling, Duff, Nash, y Hulme, 2016; Thompson et al., 2015).

En la literatura se ha propuesto que las dificultades en AE pueden estar relacionadas con dificultades de lenguaje oral en niños que presentan desórdenes del neurodesarrollo como lo son la dislexia y el trastorno del espectro autista (Arciuli y

Conway, 2018), por lo que es plausible que los resultados en lenguaje oral estén mediando los resultados en AE, puesto que la dislexia ha sido descrita como una dificultad que puede estar asociada a las dificultades de lenguaje previas en niños en desarrollo.

En esta misma línea, es bien sabido que el AE está presente desde una edad muy temprana y diferentes estudios han descrito las relaciones entre AE y lenguaje (Erickson y Thiessen, 2015; Evans et al, 2009; Bishop y Snowling, 2004), no obstante, no existe consenso sobre la trayectoria de su evolución, por lo que es difícil dilucidar si las dificultades de AE permanecen estáticas en niños que presentan dificultades de lenguaje, pero no han adquirido la lectoescritura a niños que ya han accedido al código escrito.

Hasta la fecha, no se encuentran estudios que analicen la variable de lenguaje oral como mediadora de la relación en AE y dislexia, por lo que resulta imperativo ahondar más sobre esta relación a través de investigaciones longitudinales que permitan identificar la trayectoria del AE antes y durante la alfabetización, así como la importancia de la mediación lingüística para el aprendizaje de regularidades secuenciales, así como para el aprendizaje de la lectoescritura.

## 7. Conclusiones

- Los niños con dislexia presentan menor precisión en tareas de Aprendizaje Estadístico, independientemente de la modalidad y el estímulo usado.
- Las tareas de Aprendizaje Estadístico de tipo visual presentaron mayores correlaciones con el nivel de lectura y escritura en niños con dislexia.
- Los patrones de fijación visual de los niños con dislexia durante las tareas de lectura son estadísticamente diferentes a los niños con desarrollo típico.
- No se evidenciaron diferencias significativas en relación con la variable tiempo durante la realización de tareas de aprendizaje estadístico de tipo auditivo, no obstante, los niños con dislexia presentaron mayores tiempos en la ejecución en las cuatro tareas de AE.
- En ortografías transparentes existe una mayor relación entre el rendimiento en tareas de AE y la escritura que en la lectura, esto puede deberse a que la escritura en español presenta mayores inconsistencias que requieren de un aprendizaje implícito de regularidades.
- El lenguaje oral media el rendimiento en tareas de AE para niños con dislexia, eliminando las diferencias entre los grupos de estudio. Esta es una variable que requiere de mayores estudios en relación al AE y la dislexia en español.

## 8. Implicaciones educativas y terapéuticas

Los hallazgos de esta investigación confirman que los niños con dislexia presentan dificultades para aprender patrones secuenciales cuando no se ha dado una instrucción explícita para aprender dicha información. Estos resultados tienen implicaciones directas a nivel educativo y terapéutico.

A nivel educativo, la enseñanza en niños con dislexia requiere ser explícita y contextual, permitiéndole al niño aprender las relaciones secuenciales y grafotácticas de su lengua a partir de la exposición repetida al código escrito. De igual forma, en niños que no han adquirido la lectoescritura, el AE es un reto para la enseñanza dentro y fuera del aula, puesto que requiere de métodos innovadores de alfabetización que prioricen las habilidades de AE favoreciendo así procesos de lenguaje y lectoescritura posteriores.

En niños con desarrollo típico, permite fundamentar la importancia del AE en la alfabetización, así como aportar en la relevancia de diseñar estrategias innovadoras que reemplacen la instrucción explícita, haciendo mayor énfasis en el aprendizaje implícito.

A nivel terapéutico, requiere de la integración de métodos implícitos y explícitos durante la terapia tradicional, haciendo énfasis no solo en los procesos de lectoescritura, sino en los procesos de lenguaje y aprendizaje de regularidades secuenciales. De igual forma, continuar investigando sobre la relación entre AE y las dificultades de lectura, permitirá encontrar nuevos enfoques de intervención en relación con el manejo con esta población desde un enfoque de aprendizaje implícito.

Ver la lectura y escritura desde la perspectiva del AE, requiere aumentar el campo investigativo en el área a miras de favorecer el desarrollo de los procesos cognitivos y lingüísticos implicados en la alfabetización desde la mirada del aprendizaje implícito de regularidades estadísticas, así como dilucidar las posibles relaciones con la estructura y función cerebral.

## 9. Limitaciones del estudio actual y perspectivas futuras

Los hallazgos en el rendimiento para tareas de AE en niños con dislexia de esta investigación, justificaría como lo describe Schmalz et al. (2017) realizar una exploración más profunda de esta relación entre AE y lectura, buscando especificar la cadena causal entre el AE y la adquisición de la lectoescritura en español. Dentro de este análisis sería importante en próximos estudios analizar variables como el número de ensayos y la complejidad de la secuencia, que podría explicar las diferencias en relación al desempeño de AE en niños con dislexia.

Se requieren estudios posteriores que contemplen un mayor tamaño muestral en ortografías transparentes, para evidenciar si estos resultados se mantienen. De igual forma, en este estudio se apoyó de un grupo control equiparado por edad cronológica, pero sería interesante analizar el rendimiento en AE con grupos equiparados por el nivel lector del niño con dislexia, evidenciando cómo se comporta el AE a lo largo del aprendizaje de la lectoescritura.

Este estudio controló de forma indirecta la atención a través de las tareas de cobertura que tenían que hacer los participantes durante la fase de familiarización de las tareas de AE, sin embargo, sería importante en próximos estudios analizar la influencia directa de procesos como la atención y la memoria en tareas de AE. De igual forma, sería interesante analizar si la instrucción explícita mejora el aprendizaje de patrones o si controlando el nivel de lenguaje de los niños con dislexia, su rendimiento en tareas de AE mejora.

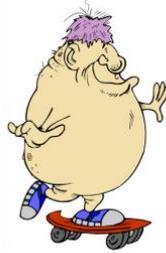
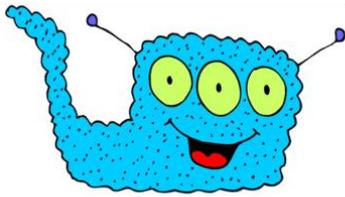
Existen múltiples variables que influyen en la dislexia, por lo que es relevante llevar la investigación hacia resultados diferenciales según el perfil de desempeño de cada

participante, puesto que las características de los niños con dislexia pueden varían entre uno y otro, y aunque en español no existe tal diferenciación de forma directa, es importante guiar la investigación en dislexia a encontrar resultados más individualizados.

Otros aspectos interesantes de evaluar, sería evaluar el AE en tareas de consolidación nocturna, puesto que como lo describe Van der Kleij, Groen, Segers y Verhoeven, (2019) la consolidación puede describirse como una fase posterior "fuera de línea" después del aprendizaje inicial, durante la cual se forman rastros de memoria estables, indagando sobre la permanencia de estos aprendizajes en el tiempo. Otras posibilidades experimentales dentro del campo del AE y la dislexia, sería usar estímulos proporcionados a partir de un contexto estructurado, puesto que, en los entornos escolares, el aprendizaje de la lectoescritura y la alfabetización temprana se da en contextos de aprendizaje estructurados, permitiendo al participante usar la estructura contextual presentada en la entrada como una señal para ayudar a aprender las asignaciones de palabras y objetos (Chen y Yu, 2017).

De igual forma, es importante realizar estudios de corte longitudinal que permitan ver el desarrollo de AE en niños hablantes del español con y sin dislexia y su relación con los procesos de lenguaje y alfabetización, buscando dilucidar la relación entre esos procesos.

## A. Anexo: Lista de imágenes utilizadas para la tarea de AE: VNL



## B. Anexo: Lista de Palabras utilizadas para la tarea AE: VL

*Estímulos usados en la fase de familiarización:*

Tefi	Sula	Mapo
Tilo	Sipo	Mafi
Tafa	Sufi	Mule
Tupe	Solu	Mepe

*Estímulos usados en la fase de prueba:*

- Pseudopalabras que seguían las reglas grafotácticas de la fase de familiarización

Tepu	Sole	Mafu
Tufa	Safu	Mupo
Tafe	Sipe	Mopi
Tolo	Supi	Melu
Tilo	Mife	
Selo	Malu	

- Pseudopalabras que no seguían las reglas grafotácticas de la fase de familiarización

Foma	Pite	Lemi
Fuse	Pama	Lito
Fetu	Pesu	Lite
Fati	Posi	Lasa
Fiso	Lume	
Pumo	Losu	

## C. Anexo: Lista de palabras utilizadas para la tarea de AE: AL

*Estímulos usados en la fase de familiarización:*

Bagu	Dagi	Naje
Beko	Dija	Negi
Bogu	Diku	Nika
Buji	Doke	Nujo

*Estímulos usados en la fase de prueba:*

- Pseudopalabras que no seguían las reglas grafotácticas de la fase de familiarización

Begu	Deji	Negu
Bija	Deku	Nijo
Boke	Digu	Noka
Buko	Doga	Nugi
Baji	Duje	
Dako	Nake	

- Pseudopalabras que no seguían las reglas grafotácticas de la fase de familiarización

Godu	Jeba	kedí
Goni	Jidu	Kine
Gude	Jodu	Kodu
Guni	Joni	Kube
Goba	Juno	
Jabe	Kane	

## Bibliografía

- Adlof, S., y Hogan, T. (2018). Understanding Dyslexia in the Context of Developmental Language Disorders. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(4), 762-773. doi:10.1044/2018\_LSHSS-DYSLC-18-0049
- Arciuli, J. (2018). Reading as Statistical Learning. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(3s), 634-643. doi:10.1044/2018\_lshss-stlt1-17-0135
- Arciuli, J., y Conway, C. (2018). The Promise and Challenge of Statistical Learning for Elucidating Atypical Language Development. *Current Directions in Psychological Science*, 27(6), 492-500. doi:10.1177/0963721418779977
- Arciuli, J., y Simpson, I. (2011). Statistical learning in typically developing children: the role of age and speed of stimulus presentation. *Developmental science*, 14(3), 464-473. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00937.x
- Arciuli, J., y Simpson, I. C. (2012). Statistical Learning Is Related to Reading Ability in Children and Adults. *Cognitive science*, 36(2), 286-304. doi:10.1111/j.1551-6709.2011.01200.x
- Ashby, F. G., y Maddox, W. T. (2005). Human Category Learning. *Annual Review of Psychology*, 56(1), 149-178. doi:10.1146/annurev.psych.56.091103.070217
- Beck, I. L., McKeown, M. G., y Kucan, L. (2013). *Bringing words to life: Robust vocabulary instruction*: Guilford Press.
- Bergmann, J., y Wimmer, H. (2008). A dual-route perspective on poor reading in a regular orthography: Evidence from phonological and orthographic lexical decisions. *Cognitive Neuropsychology*, 25(5), 653-676. doi:10.1080/02643290802221404
- Bishop, D. V., y Snowling, M. J. (2004). Developmental dyslexia and specific language impairment: same or different? *Psychol Bulletin*, 130(6), 858-886. doi:10.1037/0033-2909.130.6.858
- Cabbage, K. L., Farquharson, K., Iuzzini-Seigel, J., Zuk, J., y Hogan, T. (2018). Exploring the overlap between dyslexia and speech sound production deficits. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(4), 774-786. doi:10.1044/2018\_LSHSS-DYSLC-18-0008
- Chen, C.-H., y Yu, C. (2017). Grounding statistical learning in context: The effects of learning and retrieval contexts on cross-situational word learning. *Psychonomic bulletin y review*, 24(3), 920-926. doi:10.3758/s13423-016-1163-x
- Cohen, L., y Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *NeuroImage*, 22(1), 466-476. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.12.049

- Coleman, C., Gregg, N., McLain, L., y Bellair, L. W. (2009). A Comparison of Spelling Performance Across Young Adults With and Without Dyslexia. *Assessment for effective intervention*, 34(2), 94-105. doi:10.1177/1534508408318808
- Colenbrander, D., Ricketts, J., y Bredmore, H. L. (2018). Early identification of dyslexia: Understanding the issues. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(4), 817-828.
- Coltheart, M. (2005). Modeling reading: The dual-route approach. *The science of reading: A handbook*, 6-23.
- Connelly, V., Campbell, S., MacLean, M., y Barnes, J. (2006). Contribution of Lower Order Skills to the Written Composition of College Students With and Without Dyslexia. *Developmental Neuropsychology*, 29(1), 175-196. doi:10.1207/s15326942dn2901\_9
- Conway, C. M., Bauernschmidt, A., Huang, S. S., y Pisoni, D. B. (2010). Implicit statistical learning in language processing: Word predictability is the key. *Cognition*, 114(3), 356-371. doi:10.1016/j.cognition.2009.10.009
- Conway, C. M., y Christiansen, M. H. (2005). Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(1), 24-39. doi:10.1037/0278-7393.31.1.24
- Cuetos, F., Ramos, J., y Ruano, E. (2002). *PROESC. Evaluación de los procesos de escritura*. Madrid: TEA.
- Cuetos, F., Rodríguez, B., Ruano, E., y Arribas, D. (2007). *Prolec-R: Evaluación de los procesos lectores—revisado*. Madrid: TEA.
- Cuetos, F., y Vega, F. C. (2010). *Psicología de la lectura*: WK Educación.
- D'Mello, A. M., y Gabrieli, J. D. (2018). Cognitive Neuroscience of Dyslexia. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(4), 798-809. doi:10.1044/2018\_LSHSS-DYSLC-18-0020
- Daltrozzo, J., y Conway, C. M. (2014). Neurocognitive mechanisms of statistical-sequential learning: what do event-related potentials tell us? *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 437. doi:10.3389/fnhum.2014.00437
- Dickinson, D. K., y Neuman, S. B. (2007). *Handbook of early literacy research* (Vol. 2): Guilford Press.
- Duff, F. J., Reen, G., Plunkett, K., y Nation, K. (2015). Do infant vocabulary skills predict school-age language and literacy outcomes? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(8), 848-856. doi:10.1111/jcpp.12378
- Elleman, A. M., Steacy, L. M., y Compton, D. L. (2019). The Role of Statistical Learning in Word Reading and Spelling Development: More Questions Than Answers. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 1-7. doi:10.1080/10888438.2018.1549045
- Emberson, L. L., y Rubinsten, D. Y. (2016). Statistical learning is constrained to less abstract patterns in complex sensory input (but not the least). *Cognition*, 153, 63-78. doi:10.1016/j.cognition.2016.04.010
- Erickson, L. C., y Thiessen, E. D. (2015). Statistical learning of language: Theory, validity, and predictions of a statistical learning account of language acquisition. *Developmental Review*, 37, 66-108. doi:10.1016/j.dr.2015.05.002

- Evans, J. L., Saffran, J. R., y Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 52*(2), 321-335. doi:10.1044/1092-4388(2009/07-0189)
- Farquharson, K., Centanni, T. M., Franzluebbers, C. E., y Hogan, T. P. (2014). Phonological and lexical influences on phonological awareness in children with specific language impairment and dyslexia. *Frontiers in psychology, 5*(838). doi:10.3389/fpsyg.2014.00838
- Fiser, J., y Aslin, R. N. (2002). Statistical learning of higher-order temporal structure from visual shape sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 28*(3), 458-467. doi:10.1037/0278-7393.28.3.458
- Frost, R., Armstrong, B. C., Siegelman, N., y Christiansen, M. H. (2015). Domain generality versus modality specificity: the paradox of statistical learning. *Trends in cognitive sciences, 19*(3), 117-125. doi:10.1016/j.tics.2014.12.010
- Frost, R., Katz, L., y Bentin, S. (1987). Strategies for visual word recognition and orthographical depth: A multilingual comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 13*(1), 104-115. doi:10.1037/0096-1523.13.1.104
- Gabrieli, J. D. (2009). Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science, 325*(5938), 280-283. doi:10.1126/science.1171999
- Gebhart, A. L., Newport, E. L., y Aslin, R. N. (2009). Statistical learning of adjacent and nonadjacent dependencies among nonlinguistic sounds. *Psychonomic bulletin y review, 16*(3), 486-490. doi:10.3758/pbr.16.3.486
- Grunow, H., Spaulding, T. J., Gómez, R. L., y Plante, E. (2006). The effects of variation on learning word order rules by adults with and without language-based learning disabilities. *Journal of Communication Disorders, 39*(2), 158-170. doi:10.1016/j.jcomdis.2005.11.004
- Harm, M. W., y Seidenberg, M. S. (2004). Computing the Meanings of Words in Reading: Cooperative Division of Labor Between Visual and Phonological Processes. *Psychological Review, 111*(3), 662-720. doi:10.1037/0033-295X.111.3.662
- Hayes, J. R. (2012). Modeling and Remodeling Writing. *Written communication, 29*(3), 369-388. doi:10.1177/0741088312451260
- Hayes, J. R., y Flower, L. (1981). *Uncovering cognitive processes in writing: An introduction to protocol analysis*: ERIC Clearinghouse.
- Holmes, V. M. (2009). Bottom-up processing and reading comprehension in experienced adult readers. *Journal of Research in Reading, 32*(3), 309-326. doi:10.1111/j.1467-9817.2009.01396.x
- Holopainen, L., Ahonen, T., y Lyytinen, H. (2001). Predicting Delay in Reading Achievement in a Highly Transparent Language. *Journal of Learning Disabilities, 34*(5), 401-413. doi:10.1177/002221940103400502
- Horowitz-Kraus, T., y Hutton, J. S. (2015). From emergent literacy to reading: how learning to read changes a child's brain. *Acta Paediatrica, 104*(7), 648-656. doi:10.1111/apa.13018

- Howard, D. V., y Howard, J. H., Jr. (1992). Adult age differences in the rate of learning serial patterns: evidence from direct and indirect tests. *Psychology and Aging*, 7(2), 232-241. doi:10.1037//0882-7974.7.2.232
- Hulme, C., y Snowling, M. J. (2016). Reading disorders and dyslexia. *Current opinion in pediatrics*, 28(6), 731-735. doi:10.1097/MOP.0000000000000411
- Jiménez-Fernández, G., Vaquero, J. M., Jiménez, L., y Defior, S. (2011). Dyslexic children show deficits in implicit sequence learning, but not in explicit sequence learning or contextual cueing. *Annals of Dyslexia*, 61(1), 85-110. doi:10.1007/s11881-010-0048-3
- Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., y Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116(3), 321-340. doi:10.1016/j.cognition.2010.05.011
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., y Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83(2), B35-B42. doi:10.1016/S0010-0277(02)00004-5
- Kovelman, I., Yip, J., y Beck, E. (2011). Cortical systems that process language, as revealed by non-native speech sound perception. *NeuroReport*, 22(18), 947-950. doi: 10.1097/WNR.0b013e32834cdc26
- Küçükoğlu, H. (2013). Improving reading skills through effective reading strategies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 70, 709-714. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.01.113
- Langer, N., Benjamin, C., Minas, J., y Gaab, N. (2013). The neural correlates of reading fluency deficits in children. *Cerebral Cortex*, 25(6), 1441-1453. doi: 10.1093/cercor/bht330
- Lara, M., Aguilar, E., y Serra, M. (2007). *Prueba de procesamiento fonológico (PROFON)*. Bogotá, Colombia.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., y Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 1-14. doi:10.1007/s11881-003-0001-9
- Malatesha Joshi, R. (2005). Vocabulary: A Critical Component of Comprehension. *Reading y Writing Quarterly*, 21(3), 209-219. doi:10.1080/10573560590949278
- McClelland, J. L., Botvinick, M. M., Noelle, D. C., Plaut, D. C., Rogers, T. T., Seidenberg, M. S., y Smith, L. B. (2010). Letting structure emerge: connectionist and dynamical systems approaches to cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(8), 348-356. doi:10.1016/j.tics.2010.06.002
- Morken, F., y Helland, T. (2013). Writing in Dyslexia: Product and Process. *Dyslexia*, 19(3), 131-148. doi:10.1002/dys.1455
- Mortensen, J. A. (2009). *Children's Perceptions of the Graphic Features They Use to Differentiate Writing from Drawing*. University of Nevada, Reno,
- Morton, J., y Frith, U. (2001). Why we need cognition: Cause and developmental disorder. *Language, brain, cognitive development: Essays in honor of Jacques Mehler* 263.
- Nigro, L., Jiménez-Fernández, G., Simpson, I. C., y Defior, S. J. A. o. D. (2016). Implicit learning of non-linguistic and linguistic regularities in children with dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 66(2), 202-218. doi:10.1007/s11881-015-0116-9

- Nigro, L., Jiménez-Fernández, G., Simpson, I.C. et al. Implicit Learning of Written Regularities and Its Relation to Literacy Acquisition in a Shallow Orthography. *Journal of Psycholinguistic Research*, 44(5), 571-585. doi:10.1007/s10936-014-9303-9
- Nissen, M. J., y Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19(1), 1-32. doi:10.1016/0010-0285(87)90002-8
- Norton, E. S., Beach, S. D., y Gabrieli, J. D. E. (2015). Neurobiology of dyslexia. *Current Opinion in Neurobiology*, 30, 73-78. doi:10.1016/j.conb.2014.09.007
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., y Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: The case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 401-426. doi:10.1037/0096-3445.130.3.401
- Paulesu E, Démonet JF, Fazio F, McCrory E, Chanoine V, Brunswick N, Cappa SF, Cossu G, Habib M, Frith CD, Frith U. C. (2001). Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, 291(5511), 2165-2167. doi: 10.1126/science.1057179
- Perfetti, C. (1999). Comprehending written language: A blueprint of the reader. *The neurocognition of language*, 167, 208.
- Perfetti, C. A. (1985). *Reading ability*. Oxford University Press.
- Perfetti, C. A., Landi, N., y Oakhill, J. (2005). The acquisition of reading comprehension skill. *The science of reading: A handbook*, 227-247.
- Perruchet, P., y Pacton, S. (2006). Implicit learning and statistical learning: one phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(5), 233-238. doi:10.1016/j.tics.2006.03.006
- Poldrack, R. A., y Rodriguez, P. (2004). How do memory systems interact? Evidence from human classification learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 324-332. doi:10.1016/j.nlm.2004.05.003
- Pugh, K. (2006). A neurocognitive overview of reading acquisition and dyslexia across languages. *Journal of Developmental science*, 9(5), 448-450. doi: 10.1111/j.1467-7687.2006.00528.x
- Qi, Z., Sanchez Araujo, Y., Georgan, W. C., Gabrieli, J. D. E., y Arciuli, J. (2019). Hearing Matters More Than Seeing: A Cross-Modality Study of Statistical Learning and Reading Ability. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 101-115. doi:10.1080/10888438.2018.1485680
- Reber, A. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 6(6), 855-863.
- Reichle, E. D., Tokowicz, N., Liu, Y., y Perfetti, C. A. (2011). Testing an assumption of the E-Z Reader model of eye-movement control during reading: using event-related potentials to examine the familiarity check. *Psychophysiology*, 48(7), 993-1003. doi:10.1111/j.1469-8986.2011.01169.x
- Rello, L., Baeza-Yates, R., y Llisterri, J. (2017). A resource of errors written in Spanish by people with dyslexia and its linguistic, phonetic and visual analysis. *Language Resources and Evaluation*, 51(2), 379-408. doi: 10.1007/s10579-015-9329-0

- Richlan, F., Kronbichler, M., y Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *NeuroImage*, 56(3), 1735-1742. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.02.040
- Romberg, A. R., y Saffran, J. R. (2010). Statistical learning and language acquisition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(6), 906-914. doi:10.1002/wcs.78
- Rutter M1, Caspi A, Fergusson D, Horwood LJ, Goodman R, Maughan B, Moffitt TE, Meltzer H, Carroll J. (2004). Sex Differences in Developmental Reading Disability: New Findings From 4 Epidemiological Studies. *JAMA*, 291(16), 2007-2012. doi:10.1001/jama.291.16.2007 %J JAMA
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., y Newport, E. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.
- Sawi, O. M., y Rueckl, J. (2019). Reading and the Neurocognitive Bases of Statistical Learning. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 8-23. doi:10.1080/10888438.2018.1457681
- Schapiro, A. C., Gregory, E., Landau, B., McCloskey, M., y Turk-Browne, N. B. (2014). The Necessity of the Medial Temporal Lobe for Statistical Learning. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(8), 1736-1747. doi: 10.1162/jocn\_a\_00578
- Schmalz, X., Altoè, G., y Mulatti, C. J. A. o. D. (2017). Statistical learning and dyslexia: a systematic review. *Annals of Dyslexia*, 67(2), 147-162. doi:10.1007/s11881-016-0136-0
- Schmalz, X., Moll, K., Mulatti, C., y Schulte-Körne, G. (2019). Is Statistical Learning Ability Related to Reading Ability, and If So, Why? *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 64-76. doi:10.1080/10888438.2018.1482304
- Serrano, F., y Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58(1), 81. doi:10.1007/s11881-008-0013-6
- Seymour, P. H. K., Aro, M., Erskine, J. M., y network, c. w. C. A. A. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of psychology*, 94(2), 143-174. doi:10.1348/000712603321661859
- Share, D. L. (2008). On the Anglocentricities of current reading research and practice: The perils of overreliance on an "outlier" orthography. *Psychological bulletin*, 134(4), 584. doi: 10.1037/0033-2909.134.4.584.
- Siegelman, N., y Frost, R. (2015). Statistical learning as an individual ability: Theoretical perspectives and empirical evidence. *Journal of Memory and Language*, 81, 105-120. doi:10.1016/j.jml.2015.02.001
- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an RyD program in reading comprehension*: Rand Corporation.
- Snowling, M. (2001). From language to reading and dyslexia. *Dyslexia*, 7(1), 37-46. doi:10.1002/dys.185
- Snowling, M. (2014). Dyslexia: A language learning impairment. *Journal of the British Academy*, 2(1), 43-58. doi: 10.5871/jba/002.043
- Snowling, M. J., Duff, F. J., Nash, H. M., y Hulme, C. (2016). Language profiles and literacy outcomes of children with resolving, emerging, or persisting language impairments. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(12), 1360-1369. doi:10.1111/jcpp.12497

- Spencer, M., Kaschak, M. P., Jones, J. L., y Lonigan, C. J. (2015). Statistical learning is related to early literacy-related skills. *Reading and Writing*, 28(4), 467-490. doi:10.1007/s11145-014-9533-0
- Stanovich, K. E. (1989). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*, 360-407.
- Stavonich, K., y Siegel, L. (1994). The phenotypic performance profile of reading-disabled children: A regression-based test of the phonological-core variable-difference model. *Journal of Educational Psychology*, 86, 24-53.
- Szegedi-Hallgató, E., Janacsek, K., y Nemeth, D. (2019). Different levels of statistical learning - Hidden potentials of sequence learning tasks. *PLOS ONE*, 14(9), e0221966. doi:10.1371/journal.pone.0221966
- Tan, L.-H., y Perfetti, C. (1998). Phonological codes as early sources of constraint in Chinese word identification: A review of current discoveries and theoretical accounts. *Reading and Writing*, 10(3-5), 165-200.
- Thiessen, E. D. (2017). What's statistical about learning? Insights from modelling statistical learning as a set of memory processes. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 372(1711), 20160056. doi:10.1098/rstb.2016.0056
- Thiessen, E. D., Kronstein, A. T., y Hufnagle, D. G. (2013). The extraction and integration framework: a two-process account of statistical learning. *Psychological Bulletin*, 139(4), 792-814. doi:10.1037/a0030801
- Thompson, P. A., Hulme, C., Nash, H. M., Gooch, D., Hayiou-Thomas, E., y Snowling, M. J. (2015). Developmental dyslexia: predicting individual risk. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 56(9), 976-987. doi:10.1111/jcpp.12412
- Torkildsen, J. v. K., Arciuli, J., y Wie, O. B. (2019). Individual differences in statistical learning predict children's reading ability in a semi-transparent orthography. *Learning and Individual Differences*, 69, 60-68. doi:10.1016/j.lindif.2018.11.003
- Treiman, R. (1993). *Beginning to spell: A study of first-grade children*. Oxford University Press on Demand.
- Treiman, R. (2018). Statistical Learning and Spelling. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(3s), 644-652. doi:10.1044/2018\_lshss-stlt1-17-0122
- Turk-Browne, N. B., Scholl, B. J., Chun, M. M., y Johnson, M. (2009). Neural evidence of statistical learning: Efficient detection of visual regularities without awareness. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(10), 1934-1945. doi:10.1162/jocn.2009.21131
- Van der Kleij, S. W., Groen, M. A., Segers, E., y Verhoeven, L. (2019). Sequential Implicit Learning Ability Predicts Growth in Reading Skills in Typical Readers and Children with Dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 77-88. doi:10.1080/10888438.2018.1491582
- Vandermosten, M., Wouters, J., Ghesquière, P., y Golestani, N. (2019). Statistical Learning of Speech Sounds in Dyslexic and Typical Reading Children. *Scientific Studies of Reading*, 23(1), 116-127. doi:10.1080/10888438.2018.1473404

- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., y Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40. doi:10.1046/j.0021-9630.2003.00305.x
- Vieiro, P., y Gómez, I. (2004). *Psicología de la lectura*. España: Editorial Pearson.
- Waldie, K. E., Haigh, C. E., Badzakova-Trajkov, G., Buckley, J., y Kirk, I. J. (2013). Reading the Wrong Way with the Right Hemisphere. *Brain sciences*, 3(3), 1060-1075. doi: 10.3390/brainsci3031060
- Waldie, K. E., Wilson, A. J., Roberts, R. P., y Moreau, D. (2017). Reading network in dyslexia: Similar, yet different. *Brain and Language*, 174, 29-41. doi:10.1016/j.bandl.2017.07.004
- Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics*, 14(1), 1-33. doi:10.1017/S0142716400010122
- Xie, Q., Gao, X., y King, R. B. (2013). Thinking styles in implicit and explicit learning. *Learning and Individual Differences*, 23, 267-271. doi:10.1016/j.lindif.2012.10.014
- Yang, J., y Li, P. (2012). Brain Networks of Explicit and Implicit Learning. *PLOS ONE*, 7(8), e42993. doi:10.1371/journal.pone.0042993
- Yu, C. (2008). A Statistical Associative Account of Vocabulary Growth in Early Word Learning. *Language Learning and Development*, 4(1), 32-62. doi:10.1080/15475440701739353
- Ziegler, J. C., Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F. X., y Perry, C. (2008). Developmental dyslexia and the dual route model of reading: Simulating individual differences and subtypes. *Cognition*, 107(1), 151-178. doi:https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.09.004