

**Universidad San Jorge**

**Facultad de Comunicación y Ciencias Sociales**

**Máster universitario en profesorado de  
educación secundaria obligatoria y  
bachillerato, formación profesional y  
enseñanzas de idiomas**

**Proyecto Final**

**Cerebro y dislexia, en la  
actualidad**

**Autor del proyecto: María Remírez de Ganuza Monfort**

**Director del proyecto: Yasmina Tejero Gascón**

**Zaragoza, 20 de junio de 2021**



*universidad*  
**SANJORGE**

GRUPO SANVALERO

## **Agradecimientos**

Este 2020-2021, por obvios motivos (la pandemia mundial por la covid) ha sido un año convulso. Por ello decidí comenzar este máster con el objetivo de ampliar mis oportunidades laborales. Sin embargo, durante el transcurso del mismo he descubierto el increíble mundo de la docencia. Por un lado, las prácticas me han parecido una oportunidad excepcional de conocer de cerca este apasionante mundo. Por otro lado, la parte más teórica me ha parecido muy interesante.

Desde pequeña me he sentido atraída por el cerebro. A pesar de que finalmente me decanté por otro ámbito profesional, siempre he seguido interesada. Descubrir el gran potencial que tiene la neuroeducación en el ámbito de la docencia me ha fascinado. Por ello decidí investigarlo centrándome en la lectoescritura, base fundamental de nuestro actual sistema educativo. Además quise enfocarlo en la dislexia debido a que, a pesar de lo relativamente usual que es en las aulas, aún sigue siendo un impedimento a la hora de continuar con los estudios para muchos alumnos

Ahora quisiera darle las gracias a todas las personas que me han acompañado a lo largo de este trabajo. En primer lugar, muchas gracias a Yasmina pues ha sido una tutora muy atenta y me ha dado grandes ideas para la realización de este TFM a parte de una ayuda inestimable durante la realización del mismo.

Gracias a mis compañeros de máster, pues me han amenizado las largas jornadas de clase. A los profesores que nos han mostrado con dedicación el mundo de la docencia. A mi tutora de prácticas, Ariadna, que me enseñó la vocación de ser profesor.

Por supuesto he llegado a donde estoy gracias a mi familia. A mis padres y mis abuelos que me han apoyado en todo lo que he decidido. Finalmente tengo que darle las gracias a David por seguir conmigo tras todos estos años y ojalá por muchos más.

Muchas gracias a todos.

# Índice

<b>1. Resumen .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2. Abstract.....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>3. Introducción y antecedentes.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>3.1 Justificación.....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>3.2 Objetivos .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>4.1 Lectura y escritura.....</b>	<b>- 7 -</b>
4.1.1 Importancia.....	- 8 -
4.1.2 El cerebro.....	- 8 -
4.1.3 El cerebro disléxico.....	- 10 -
4.1.4 Rutas de lectura.....	- 12 -
<b>4.2 Evolución histórica de la dislexia .....</b>	<b>- 13 -</b>
4.2.1 Orígenes.....	- 14 -
4.2.2 Siglo XX.....	- 14 -
<b>4.3 Dislexia en la actualidad .....</b>	<b>- 16 -</b>
4.3.1 Descripción general.....	- 16 -
4.3.2 Diagnostico .....	- 17 -
4.3.3 Causas y prevalencia .....	- 18 -
4.3.4 Tipos de dislexia .....	- 19 -
4.3.5 Comorbilidades .....	- 21 -
4.3.5.1 Disgrafía .....	- 22 -
4.3.5.2 Disortografía .....	- 23 -
4.3.5.3 Discalculia .....	- 23 -
4.3.5.4 Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH).....	- 23 -
4.3.5.5 Trastornos del comportamiento.....	- 23 -
4.3.5.6 Trastornos emocionales .....	- 24 -
4.3.5.7 Otras comorbilidades de la dislexia.....	- 24 -
4.3.6 Sintomatología .....	- 24 -
4.3.7 Prevención .....	- 25 -
4.3.8 Respuesta educativa .....	- 26 -
4.3.8.1 Estrategias útiles en la secundaria.....	- 29 -
4.3.9 Intervención .....	- 29 -
4.3.9.1 Intervenciones fonológicas .....	- 33 -
<b>4.4 Neuroeducación.....</b>	<b>- 33 -</b>
<b>5. Metodología .....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>5.1 Recolección de datos .....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>5.2 Palabras clave empleadas .....</b>	<b>- 38 -</b>

<b>5.3 Criterios de inclusión y exclusión</b> .....	<b>- 40 -</b>
<b>6. Resultados</b> .....	<b>- 43 -</b>
<b>6.1 Neuroeducación y dislexia</b> .....	<b>- 43 -</b>
6.1.1 Plasticidad neuronal .....	- 44 -
6.1.2 Predicción de la dislexia.....	- 46 -
6.1.3 Aprender a leer.....	- 48 -
6.1.4 Respuesta a la intervención .....	- 49 -
6.1.5 Rutas compensatorias.....	- 50 -
6.1.6 Estudio y comprensión de la dislexia.....	- 51 -
6.1.6.1 Conocimiento de las consecuencias cognitivas la dislexia.....	- 53 -
6.1.7 Mitos de la neuroeducación.....	- 53 -
<b>6.2 Programas neuroeducativos</b> .....	<b>- 54 -</b>
6.2.1 Programa HERVAT .....	- 55 -
6.2.1.1 Mejoras en la dislexia.....	- 56 -
6.2.2 Programa RAVE-O .....	- 57 -
6.2.2.1 Mejoras en la dislexia.....	- 57 -
6.2.3 Método diverlexia .....	- 58 -
6.2.3.1 Mejoras en la dislexia.....	- 58 -
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>- 59 -</b>
<b>8. Prospección futura</b> .....	<b>- 61 -</b>
<b>8.1 El futuro de la neuroeducación</b> .....	<b>- 61 -</b>
<b>9. Referencias bibliográficas</b> .....	<b>- 63 -</b>

## 1. Resumen

En este trabajo buscamos centrarnos en los disléxicos, un alumnado que, a pesar de estar amparado legalmente, sale perjudicado con el actual sistema educativo, basado fundamentalmente en la lectoescritura. Aunque estos alumnos tienen la capacidad intelectual intacta, les es difícil continuar con sus estudios. La dislexia es un diagnóstico comúnmente usado, bien sea porque la población infantil que lo padece es abundante (5%-17%) o porque el término es muy usado por colectivos de la psicopedagogía y educación, sin embargo, cabe destacar su falta de definición conceptual, así como la falta de consenso entre los autores investigadores de este en sus tipologías, dificultando así una apuesta clara por un método de intervención eficaz.

Cada vez más, se busca integrar los conocimientos preexistentes del cerebro en la educación. De esta búsqueda, ha nacido una nueva disciplina denominada neuroeducación. En esta revisión crítica buscamos aunar estos dos conceptos, neuroeducación y dislexia, y ver como esta nueva disciplina puede beneficiar a la hora de tratar con este trastorno del neurodesarrollo. Los principales puntos en los que nos centraremos son por un lado la plasticidad neuronal, que es la base teórica de la neuroeducación, por otro lado, las neuroimágenes, con las que trabaja la neuroeducación. Esta nueva manera de visualizar el cerebro nos puede permitir diagnosticar con antelación la dislexia, mejorar el proceso de aprendizaje lectoescritor, predecir el resultado de la intervención, observar las rutas compensatorias que establece este tipo de alumnado y comprender de manera conjunta todas las consecuencias de la dislexia. También veremos, algunos programas neuroeducativos, que de manera vinculada podrían tratar casi todos los síntomas de ese trastorno.

En este trabajo queremos destacar los amplios beneficios que puede aportar la neuroeducación a la lucha contra dislexia. Sin embargo, la dislexia es un trastorno complejo, y por lo tanto también lo será la manera de abordarlo. La neuroeducación no es la respuesta exclusiva a todos los problemas que se plantean, pero si puede ser una gran aliada.

### **Palabras clave**

dislexia; cerebro; lectoescritura; rutas de lectura; neuroeducación; neuroeducador; programas neuroeducativos; neurociencia cognitiva

## 2. Abstract

In this work we seek to focus on dyslexics, a student body, who despite being legally protected, is harmed by this system. Although these students have an intact intellectual capacity, it is difficult for them to continue with their studies. Dyslexia is a commonly used diagnosis, either because the child population that suffers from it is abundant (5%-17%) or because the term is widely used by groups of psychopedagogy and education, however it is worth noting its lack of conceptual definition, as well as the lack of consensus among the investigating authors of this in their typologies, thus making a clear commitment to an effective intervention method difficult.

Increasingly, it is seeking to integrate pre-existing knowledge of the brain into education. From this search a new discipline called neuroeducation has been born. In this critical review we seek to bring together these two concepts, neuroeducation and dyslexia, and see how this new discipline can benefit when dealing with this neurodevelopmental disorder. The main points on which we will focus are, on the one hand, neuronal plasticity, which is the theoretical basis of neuroeducation. On the other hand, neuroimages, with which neuroeducation works. This new way of visualizing the brain can allow us to diagnose dyslexia in advance, improve the literacy learning process, predict the outcome of the intervention, observe the compensatory pathways established by this type of student and jointly understand all the consequences of dyslexia. We will also see some neuroeducational programs, which together could treat almost all the symptoms of this syndrome.

In this work we want to highlight the broad benefits that neuroeducation can bring to the fight against dyslexia. However, dyslexia is a complex syndrome, and so will be the way to approach it. Neuroeducation is not the exclusive answer to all the problems that arise, but it can be a great ally.

### **Keywords**

dyslexia; brain; literacy; reading paths; neuroeducation; neuroeducate; neuroeducational programs; cognitive neuroscience

### 3. Introducción y antecedentes

La escritura nos permitió comunicarnos a grandes distancias, pues por primera vez, nuestras palabras podían viajar más que nosotros. En la actualidad resulta casi inconcebible el mundo sin la escritura, tiene un lugar predominante en el ámbito académico, en nuestra cultura y en nuestra comunicación diaria. A pesar de la gran acogida histórica que ha tenido la lectoescritura, y por sorprendente que parezca, no es una habilidad natural en el ser humano. Las personas no nacemos preparadas para aprender a leer, es un acto cultural para el que nuestra biología no está programada, no tenemos circuitos cerebrales destinados a la lectura, ni están escritas en nuestros genes las instrucciones para hacerlo. Y, sin embargo, leemos ¿Cómo es esto posible?

Sin duda debemos darle las gracias a nuestra increíble plasticidad cerebral, pues sin ella nada de todo esto sería factible. Durante muchos años estaba establecida la idea predominante de que las neuronas eran las únicas células que no se regeneraban, que nacíamos con una determinada capacidad cerebral y que nada podíamos hacer para cambiarla. Con las nuevas investigaciones, en la actualidad, tenemos la certeza de que esto no es así. El cerebro es más permeable, maleable y dinámico de lo que jamás podríamos llegar a imaginar y por supuesto, el cerebro posee la capacidad de generar nuevas neuronas durante toda la vida (Ortiz, 2018). Gracias a ello nuestro cerebro pudo adaptarse cuando le presentamos el reto de la lectoescritura. Para ello nuestra mente se modificó de una manera sorprendente, creando rutas y reutilizando áreas (Dehaene, 2015).

En el presente trabajo contamos la historia de cómo la lectura modificó nuestro cerebro hace miles de años, un acto sin lugar a dudas sorprendente. Pero también hablaremos de cuando esto no ocurre. Hay veces que esta modificación cerebral no sucede correctamente, específicamente nos centraremos en el caso de la dislexia. Apareció casi de repente a finales del siglo XIX, pero probablemente lleve mucho más con nosotros. Durante milenios la escritura ha estado reservada a las élites y por ello la mayor parte de la sociedad no tenía acceso a ella. Fue durante la llegada de la lectura en masa cuando comenzaron aparecer los primeros casos de dislexia evolutiva, que obviamente no se denominaban así por aquel entonces. La dislexia es un trastorno que desde sus orígenes ha desconcertado a los científicos. Un caso que ejemplifica muy bien este desconcierto es el que publicó el médico general W.P. Morgan. Describió el caso de un chico de 14 años al que todos tildaban inteligente, incluido su profesor, que curiosamente era incapaz de aprender a leer. Esta ceguera verbal congénita, como entonces se denominó, tuvo en jaque a los científicos durante décadas (Gayan-Guardiola, 2001).

En nuestra sociedad se considera que ser capaz de aprender a leer con facilidad es lo normal y esperado, sin embargo, si se encuentra dificultad para comprender las palabras se trata como trastorno. Pero haciendo una analogía, esto no ocurre por ejemplo con el canto. Ser capaz de aprender a cantar bien y con facilidad es considerado un don y encontrar dificultad para ello se considera completamente ordinario. Pero ¿Existe realmente una diferencia bien establecida con respecto a adquirir estas distintas habilidades en la cultura humana? El verdadero origen de la dislexia no se ha tenido claro hasta unas recientes investigaciones, se cree que puede estar en ciertas anomalías neuronales congénitas que se producen durante el embarazo, también denominado trastorno del neurodesarrollo (Dehaene, 2015). Esto implica que, de manera literal, la dislexia está causada porque algo salió mal durante el desarrollo del cerebro. Pero como hemos dicho

anteriormente los cerebros no fueron hechos para leer, y en realidad tampoco para cantar, aunque en nuestra sociedad la lectoescritura se haya convertido en algo tan básico, que si no lo dominas te enfrentas a diversas barreras comunicativas. La incapacidad para aprender hacer algo que nuestro cerebro no está preparado, no es en si mismo una evidencia de que hay algo anormal o disfuncional en el cerebro (Protopapas y Parrila, 2018). Pero la dislexia, como veremos a lo largo de este trabajo, no solo afecta a la capacidad de lectura, sino que tiene una constelación de síntomas que rara vez se tienen en cuenta de manera conjunta.

Algunos de los motivos que han retrasado la investigación en este campo es la dificultad que hay para distinguir la dislexia de otras patologías similares, las distintas comorbilidades que cursa, que su definición haya variado tanto a lo largo del tiempo... La dislexia ha ido enfrentándose a grandes retos, a pesar de esto, todos los estudios coinciden en que es reversible y que los alumnos que la sufren pueden aprender a leer como sus compañeros. Esto es fundamental en el mundo actual, ya que basamos todo nuestro sistema educativo en la lectoescritura y estos alumnos, a pesar de estar amparados por la ley, quedan de cierta manera excluidos.

A lo largo de la historia se han empleado distintos modelos de intervención para la dislexia, según la idea predominante de la época. En la actualidad, el método por excelencia es el fonológico, que combina el entrenamiento de habilidades fonológicas con el conocimiento de las letras y la práctica de lectura. Sin embargo, hoy día también hay muchas rehabilitaciones que no tienen una eficacia demostrada. Es difícil encontrar una intervención adecuada, porque cada tipo de dislexia es único y no hay una buena subcategorización.

De manera paralela, hace unos años empezó a surgir una disciplina que buscaba, comprendiendo el cerebro (neurociencia), entender mejor el proceso de aprendizaje (educación). Esto adquiere una especial importancia en el caso de trastornos del aprendizaje como podría ser la dislexia. Esta disciplina, llamada neuroeducación, parece que puede proponer soluciones prácticas basadas en resultados empíricos para nuevas didácticas educativas que ayuden a estos alumnos con dificultades especiales. Sin embargo, y a pesar de los prometedores estudios de esta disciplina, no es fácil aunar los conocimientos del cerebro y la docencia, ya que ambas son disciplinas ampliamente complejas y plantean diferentes retos (Mora, 2013).

Una disciplina como esta, que busca entender qué procesos se llevan a cabo de manera usual en el cerebro y cuales fallan en la dislexia para causar los síntomas observables, puede ser increíblemente útil a la hora de abordar este trastorno. Gracias a la neurociencia hemos podido identificar la base neurobiológica de la dislexia, y ya sabíamos previamente que puede remediarse mediante intervenciones dirigidas. Actualmente las técnicas de neuroimagen, en las que se apoya la neuroeducación, pueden ayudarnos a estudiar problemas en el desarrollo de la lectura, a diagnosticarlos de manera previa a que se produzcan, a estudiar cuál será el mejor tipo de intervención e incluso pueden ayudarnos a comprender como el cerebro crea rutas alternativas a las que tiene dañadas para mejorar la lectura (López-Escribano, 2007).

Basados en esta disciplina, han nacido diversos programas con el objetivo, por un lado de tratar de manera específica problemas lectoescritura es, como el programa RAVE-O o el método Diverlexia. Y por otro lado de mejorar de manera general la experiencia del



alumno en la escuela y hacerla lo más productiva posible, como es el caso del programa HEVAT. Todos ellos pueden emplearse para tratar distintos síntomas de la dislexia y beneficiar a este tipo de alumnado.

### 3.1 Justificación

Es relativamente habitual encontrar en la educación secundaria obligatoria alumnos que han pasado con gran esfuerzo y dificultad, con la permanente sensación de ser menos capaces que los demás. Esto provoca en los niños graves problemas de autoestima ya que, como tienen intacta la memoria, se dan cuenta de lo retrasados que van respecto a sus compañeros. En muchos casos este tipo de alumnos es disléxico. La dislexia está considerada la discapacidad de aprendizaje más común, afectando a niños de todos los idiomas, sistemas de escritura y enfoques educativos (Fuerst, 2008). Se estima que aproximadamente un 5% y un 17% de los niños padecen dislexia, son unos porcentajes muy amplios como para no tenerlos en cuenta. Además, las dificultades para leer son persistentes, no se solucionan por sí solas, un 75 % de los estudiantes a los que se le diagnostique en primaria continuarán con estas dificultades en secundaria. Por otra parte, se calcula que en torno al 40 % del abandono y del fracaso escolar está motivado por la dislexia (Francis, Shaywitz, Stuebing, Shaywitz, y Fletcher, 1996).

A pesar de que, actualmente la dislexia está amparada por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, dentro de la normativa para Alumnos Con Necesidades Específicas De Apoyo Educativo (ACNEAEs), siendo parte de los trastornos específicos del aprendizaje, con dificultad en la lectura y en la escritura; lo que garantiza la inclusión de este tipo de alumnado en las aulas ordinaria a través de la toma de actuaciones generales y/o específicas, así como la existencia de múltiples programas de intervención; la realidad de estos alumnos es que se encuentran con barreras constantes en un sistema educativo donde prima la lectura como input de información y la escritura como output de esta. Siendo importante así, detectar y abordar este trastorno que se vive de manera diaria en las aulas, ya que, aproximadamente un 80 % de los alumnos con trastorno del aprendizaje tienen dislexia.

Por todo lo expuesto y dado que la dislexia tiene una base biológica cerebral, creemos que una disciplina enfocada a aunar los conocimientos de la neurociencia y aplicarlos a la educación, como es la neuroeducación, podría ser de gran ayuda para este trastorno. Quizás podría convertirse en una herramienta de la que se puede aprovechar la educación para el tratamiento y estudio de la dislexia con las imágenes cerebrales y el conocimiento de la neurociencia (Mora, 2013). Por todo ello en esta revisión crítica busco contextualizar mediante una breve investigación cómo el cerebro procesa la lectura de manera habitual, algunas referencias a la evolución histórica del concepto de la dislexia y centrarme en los conocimientos actuales sobre este trastorno y la neuroeducación. Ver cuál es serían las aplicaciones prácticas que esta disciplina puede aportar a la dislexia.

### 3.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es recopilar aportaciones actuales enmarcadas en el paradigma de la neuroeducación para la mejora de la dislexia de manera global.

Los objetivos secundarios son:

- Explicar la importancia de la lectoescritura y los procesos cerebrales que se llevan a cabo para desarrollarla de manera usual.
- Exponer qué diferencias hay en un cerebro lectoescritor y en uno disléxico para comprender mejor los síntomas de este trastorno, su origen y sus posibles remediaciones.
- Repasar la historia de la investigación de la dislexia y ver cómo ha evolucionado el concepto y los tratamientos hasta la actualidad.
- Revisar las diferentes clasificaciones que ha tenido y tiene la dislexia.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Lectura y escritura

La escritura es uno de los progresos más notables de la humanidad debido a que permite fijar la palabra hablada sobre un soporte permanente. Como afirma el proverbio latino: “Las palabras vuelan, pero lo escrito queda”. Podemos ver la escritura desde el punto de vista de un código que requiere que lo descripten, por lo que un buen lector sería un descifrador experto. La escritura es muy distinta dependiendo del lugar del mundo donde nos encontremos como podemos ver en la figura 1. Por ejemplo, la escritura china tiende a trazar palabras completas en un solo símbolo, el japonés representa sílabas y el castellano se organiza en un alfabeto. Con esto, podemos diferenciar las distintas escrituras en cuanto a su granularidad (el tamaño de los elementos del lenguaje hablado que representan, palabras, sílabas o letras). Otra división, es según su grado de transparencia, dando lugar a lenguas opacas y transparentes, según la correspondencia entre grafema y fonema. Esto desemboca en que la dificultad del proceso de aprendizaje varíe según la lengua que se estudia (Dehaene, 2015).

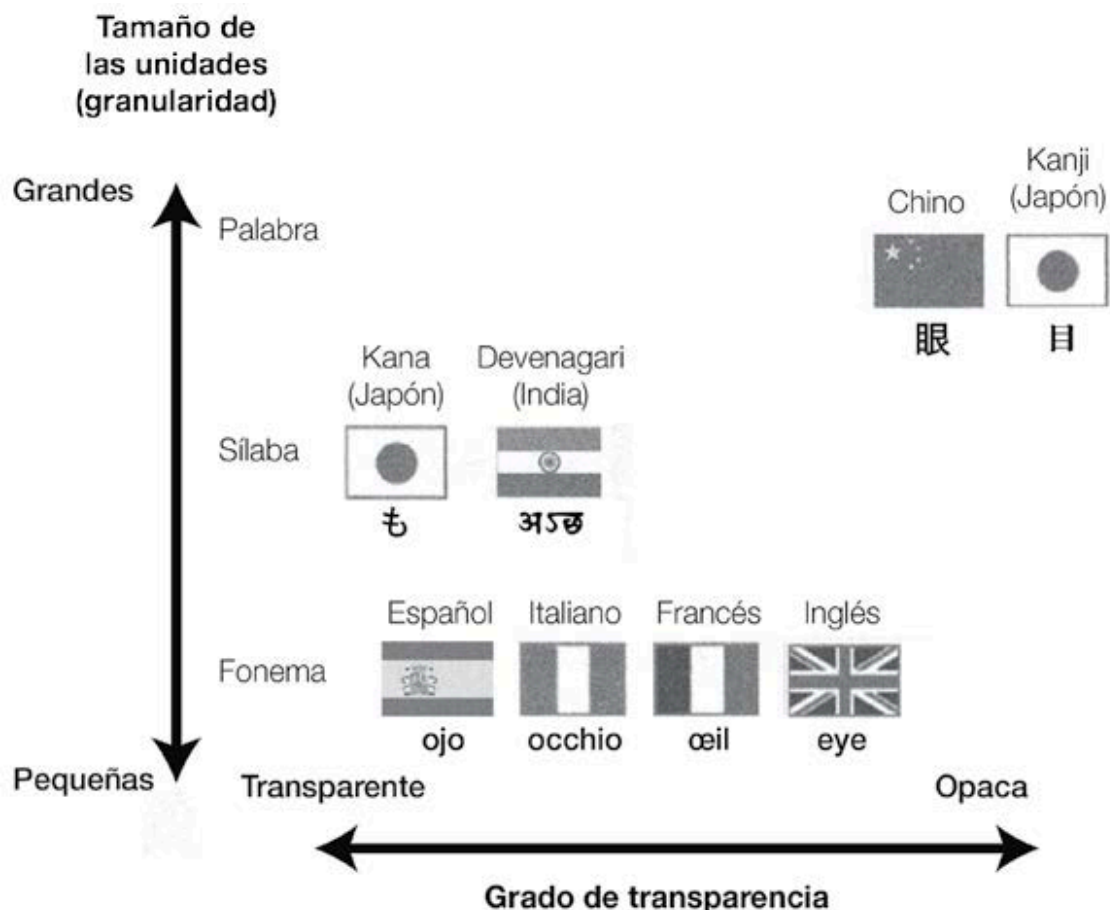


Figura 1. Gráfica de cómo algunas de las diferentes escrituras difieren tanto en su granularidad como en su grado de transparencia partiendo de la misma palabra, ojo (Dehaene, 2015).

Leer no es una habilidad natural, probablemente esto sea debido a que la escritura es una invención relativamente reciente en la historia de la humanidad, por lo que no ha podido influir mucho en la evolución de nuestro cerebro. Se ha podido observar mediante

imágenes tomadas por resonancias magnéticas y PET como los niños, desde los primeros meses de vida, al oír frases u oraciones en su lengua materna, activa las mismas regiones que los adultos. Por lo que su hemisferio izquierdo, el hemisferio dominante en el lenguaje, da cabida a circuitos neuronales que responden a la voz y distinguen entre sílabas. A pesar de esto, este no es un conocimiento consciente (Dehaene, 2015). El leer y el escribir son habilidades que requieren una enseñanza directa, artificial y compleja que hemos sistematizado en las escuelas. Desde el siglo XIX y hasta la actualidad, las dificultades que se observan en algunos niños durante el proceso de aprendizaje de la lectoescritura han sido amplio objeto de estudio en diversas lenguas y culturas (Díaz-Rincón, 2006).

#### 4.1.1 Importancia

En la actualidad hemos dado al aprendizaje de la lectura y la escritura un lugar predominante dentro de las materias escolares, esto es debido a que es la base del resto de enseñanzas. Por consiguiente, una buena o mala asimilación de la lectura y la escritura va a desembocar en gran medida en el éxito o el fracaso en los estudios. Pero la importancia de la lectoescritura no es meramente académica (Llopis Paret, Fernandez Baroja, y Pablo Marco, 2020).

En nuestra sociedad, una persona analfabeta no puede llegar nunca alcanzar una completa autonomía personal, dado que no hay suficientes elementos adaptados y depende de los demás para cosas tan elementales como viajar en transporte público, hacer recados, tramitar documentación... Las personas con dificultades en la lectoescritura no podrán acceder a la mayor parte de la cultura, que contribuye a ampliar los conocimientos y a construirnos como personas. Además, el empleo del tiempo libre también queda mermado, dado que el hombre no solo lee para ampliar conocimientos sino por puro placer (Llopis Paret et al., 2020).

#### 4.1.2 El cerebro

Antes de aprender a leer todas las palabras se parecen, no son fáciles de identificar. Debido a esto, para aprender a descifrarlas, es necesario que una región en particular del cerebro se especialice. El principal cambio se produce en el hemisferio izquierdo, en una región específica de la corteza visual llamada “área de la forma visual de las palabras” o comúnmente “caja de letras” que vemos localizada en la figura 2. Conforme vamos aprendiendo nuevas series de letras, la respuesta de esta región se incrementa y lo hace en una proporción directa con la habilidad lectora, cuanto mejor sabemos leer, más respuesta tiene (Dehaene, 2015).

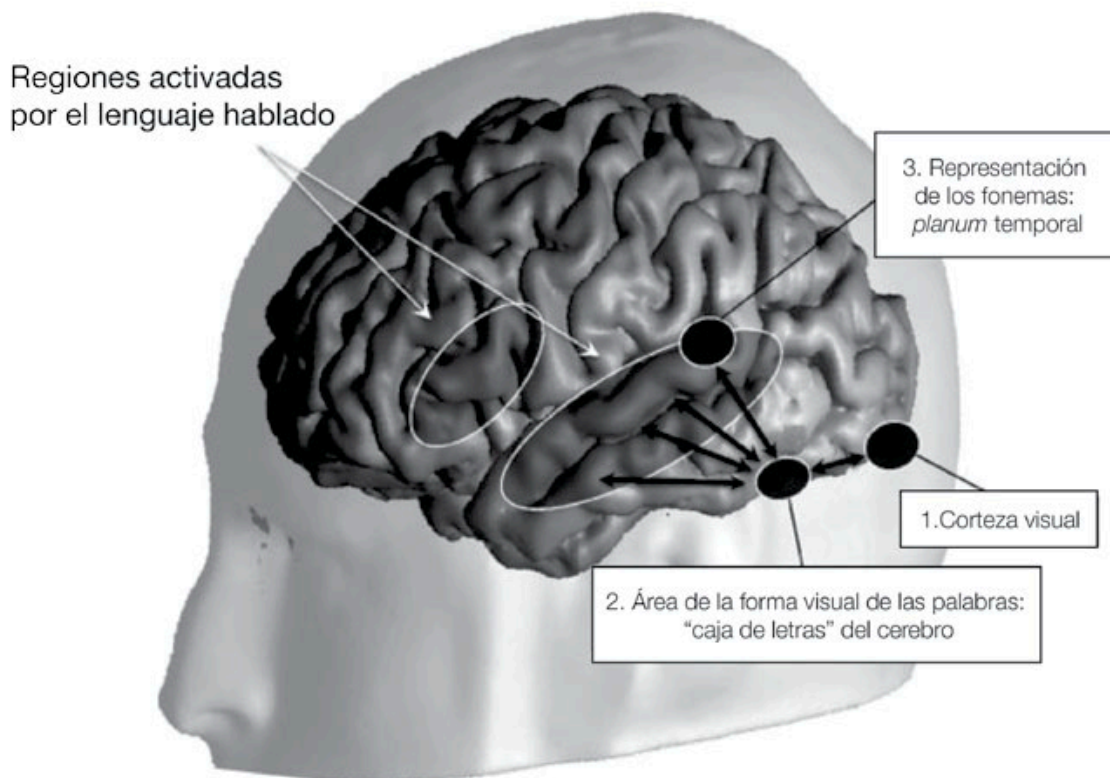


Figura 2. En esta figura podemos observar las distintas partes del cerebro involucradas en la lectura (Dehaene, 2015).

Con todo esto, como se puede deducir, el cerebro de una persona alfabetizada difiere en gran medida del cerebro de una que no lo está como muestra la figura 3. Las principales diferencias son: la corteza visual es más definida, la región específica “área de la forma visual de las palabras” está especializada en reconocer el lenguaje escrito y la región del plano temporal representa los fonemas con un alto grado de refinamiento. En el cerebro de los analfabetos, el área de la forma visual de las palabras tiene otra actividad, el reconocimiento de formas y rostros. Por lo que, al aprender a leer, reciclamos esta región específica para centrarnos en la interpretación de las letras. Como conclusión podemos decir que el desarrollo de un código refinado, preciso y consciente de los fonemas es el resultado más importante de la adquisición de la lectura, desarrollo que no poseen los cerebros analfabetos (Dehaene, 2015).

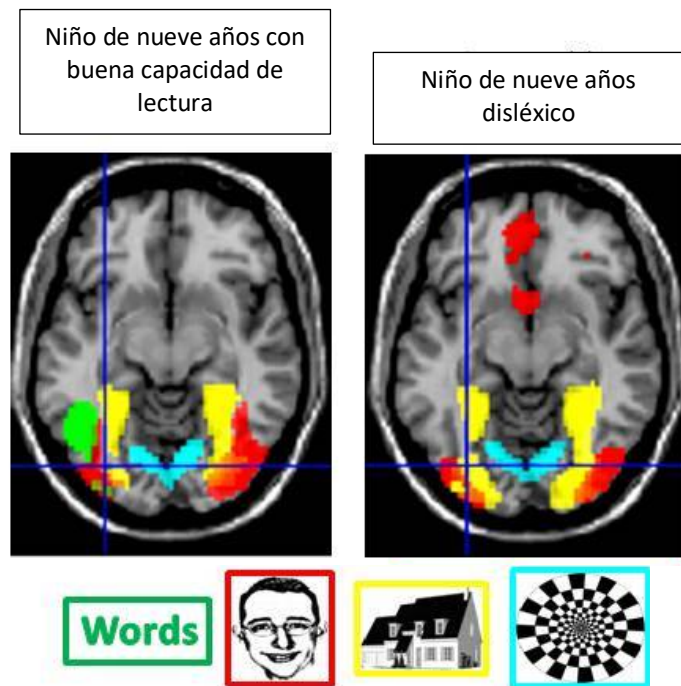
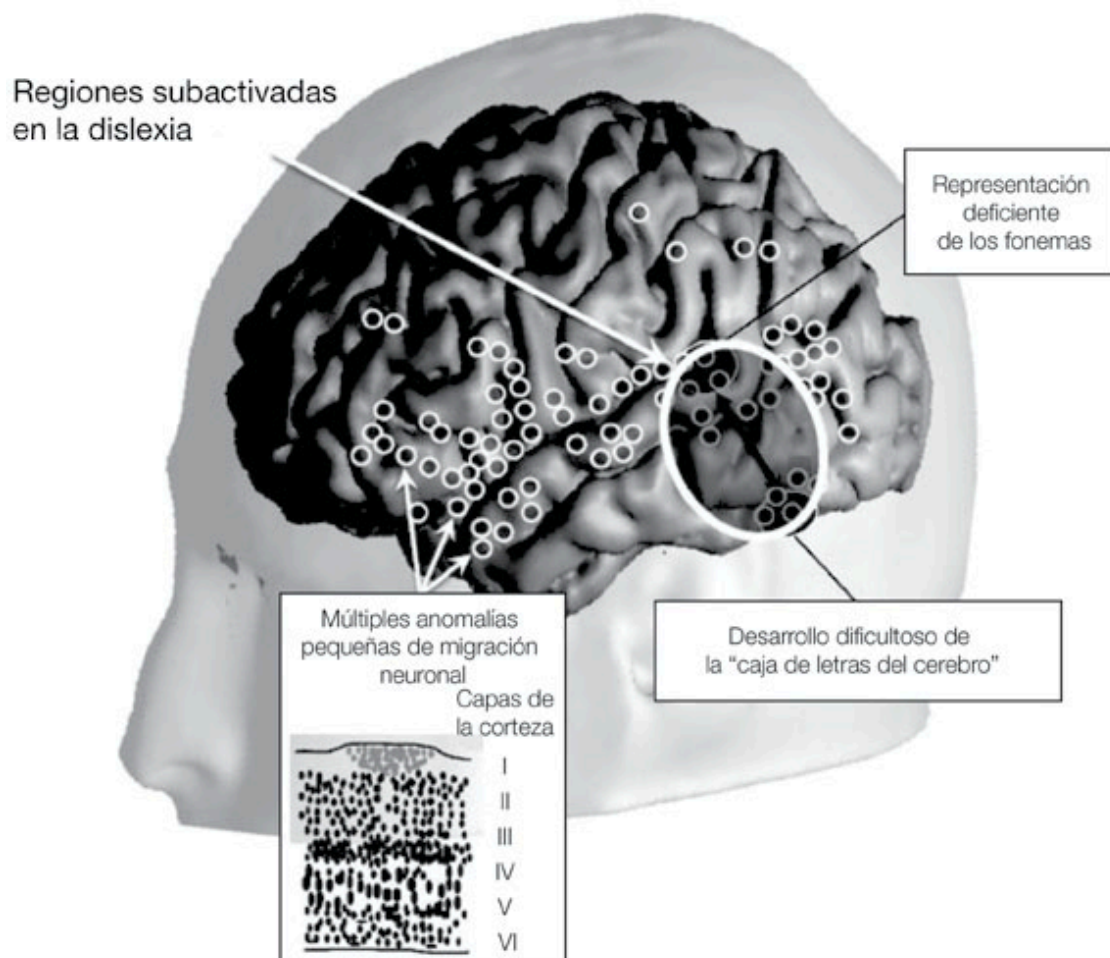


Figura 3. Podemos ver como la organización de las áreas visuales difiere entre un niño con buena capacidad de lectura y uno disléxico. En los buenos lectores podemos ver que el área visual de las palabras está bien desarrollada, la verde. En los disléxicos nos vemos esta especialización para las palabras escritas y también podemos apreciar como hay una activación mucho más débil en las caras del hemisferio derecho (Dehaene, 2013).

#### 4.1.3 El cerebro disléxico

Un hecho importante que debemos tener presente es que no todos los niños que presentan dificultades de lectura son disléxicos. A pesar de esto, la dislexia es un trastorno muy real, que está presente en distintos contextos socioeconómicos y en diferentes países. Durante la segunda mitad del embarazo, las neuronas deben migrar una distancia considerable desde la zona donde se dividen para formar las capas sucesivas de materia gris y de la corteza cerebral. En algunos disléxicos se pueden ver pequeños grupos de neuronas que nunca llegaron a su destino y forman islotes anómalos que perturban la corteza circundante, normalmente asociada al reconocimiento de palabras como muestra la figura 4. Estos islotes, son en su mayoría demasiados pequeños para detectarlos mediante una resonancia magnética estándar. Sin embargo, al agrupar los datos de algunas decenas de estudios de niños o adultos, podemos observar engrosamientos o adelgazamiento es en la corteza. Aún no se sabe con certeza cuál es la sucesión de trabas que desembocan en la dislexia, ya que éstas varían de un niño a otro (Dehaene, 2015).





*Figura 4.* En esta imagen de un cerebro disléxico podemos observar pequeños cúmulos de neuronas que no migraron correctamente por la corteza durante el desarrollo de estas y se concentra en las áreas de lenguaje hablado, generando sutiles anomalías del código fonológico, en resumen no permitiendo que la lectura se desarrolle de manera usual (Dehaene, 2015).

En la actualidad no hay ningún tratamiento para estas anomalías neuronales que se cree que están en la base de la dislexia, a pesar de esto una reeducación intensiva casi siempre produce buenos resultados. Con los medios adecuados prácticamente todos los niños disléxicos pueden llegar a aprender a leer, aunque podría ser que nunca llegaran a la velocidad de sus compañeros (Dehaene, 2015). Los datos de los análisis de las neuroimágenes, parecen sugerir que la lectura fluida solo es posible cuando se produce una correcta interacción entre los tres sistemas de procesamiento principales, que están localizados en el hemisferio izquierdo. Como resultado del patrón anormal de la migración de las neuronas, hay diversas anomalías estructurales en los cerebros disléxicos. En líneas generales se advierte una menor actividad en el hemisferio izquierdo y una sobreactivación compensatoria en determinadas regiones del derecho. En la actualidad se dispone de conocimientos que permiten atisbar la compleja etiología de este trastorno. Pesar de que puedan existir diversos tipos, podemos observar cierto carácter homogéneo en términos clínicos (Benítez-Burraco, 2010).

Los estudios de imágenes del cerebro de los disléxicos, han encontrado una reducción en la materia gris (Brown et al., 2001; Kronbichler et al., 2008) y una reducción en la fuerza con el que la materia blanca trabaja en el hemisferio izquierdo (Langer et al., 2017;

Wang et al., 2017). La reducción en la materia gris que se da en la dislexia también se encuentra en regiones que suelen mostrar diferencias funcionales (Hoeft et al., 2007). Estos hallazgos se pueden encontrar tanto en el cerebro de niños como en el de adultos. Lo sorprendente es que también persisten cuando se hacen comparaciones entre individuos con habilidades similares de alfabetización, por ejemplo, un niño de 10 años con dislexia que tiene tres años de retraso lector en comparación con uno de siete que lee correctamente (D'mello y Gabrieli, 2018).

Pero no todo es negativo, hay personas que teniendo o habiendo tenido síntomas de dislexia, poseen unas capacidades diferentes como por ejemplo percibir patrones espacio temporales en fondos punteados, borrosos o muy poco definidos. Esto les permite distinguir objetos o formas de animales o personas, una tarea que para el resto es casi imposible de realizar. Éste fenómeno se denomina apofenia y para el neuropsiquiatra Peter Bruggel es debido a una hiperactividad de los sistemas dopaminérgicos cerebrales, puesto que se produce con más frecuencia en personas que están bajo los efectos de las anfetaminas o aparece en determinadas enfermedades mentales como la esquizofrenia. Todo esto da un nuevo sentido al concepto neurodiversidad que hace referencia al hecho de que algunos trastornos que han aparecido a lo largo del proceso evolutivo hayan podido contribuir a dar un valor añadido y por eso se hayan mantenido. Ese valor añadido podría ser dar dotarle de unas finas capacidades para la detección de cierta clase de estímulos procedentes del medio ambiente (Mora, 2020).

#### 4.1.4 Rutas de lectura

Para procesar el lenguaje escrito hay un intrincado sistema que no se encuentra presente en el niño que todavía no sabe leer, ha de ir generándolo a lo largo del proceso de aprendizaje. Si no necesitamos acceder al significado de las palabras tenemos dos rutas diferentes de procesamiento, que se refuerzan mutuamente: la ruta subléxica y la ruta léxica que vemos en la figura 5. La ruta subléxica, nos permite convertir cada grafema que observamos en su correspondiente fonema, para poder pronunciarlo. Es la ruta preferente para aprender a leer. En el caso del español y debido a que es una lengua muy transparente, todas las palabras conocidas o nuevas se pueden leer correctamente por esta ruta. Sin embargo la ruta léxica funciona solo para las palabras conocidas, ya que son las únicas que están representadas en el almacén léxico. En el caso de que accedamos al significado de la palabra escrita tras convertirla en palabra oral, seguimos la ruta léxica fonológico-semántica. Estas tres rutas colaboran mutuamente y se retroalimentan, emplearemos una u otra dependiendo de nuestra experiencia como lectores, el tipo de palabras que leemos o de si queremos o no acceder a la semántica (Benedet, 2013).



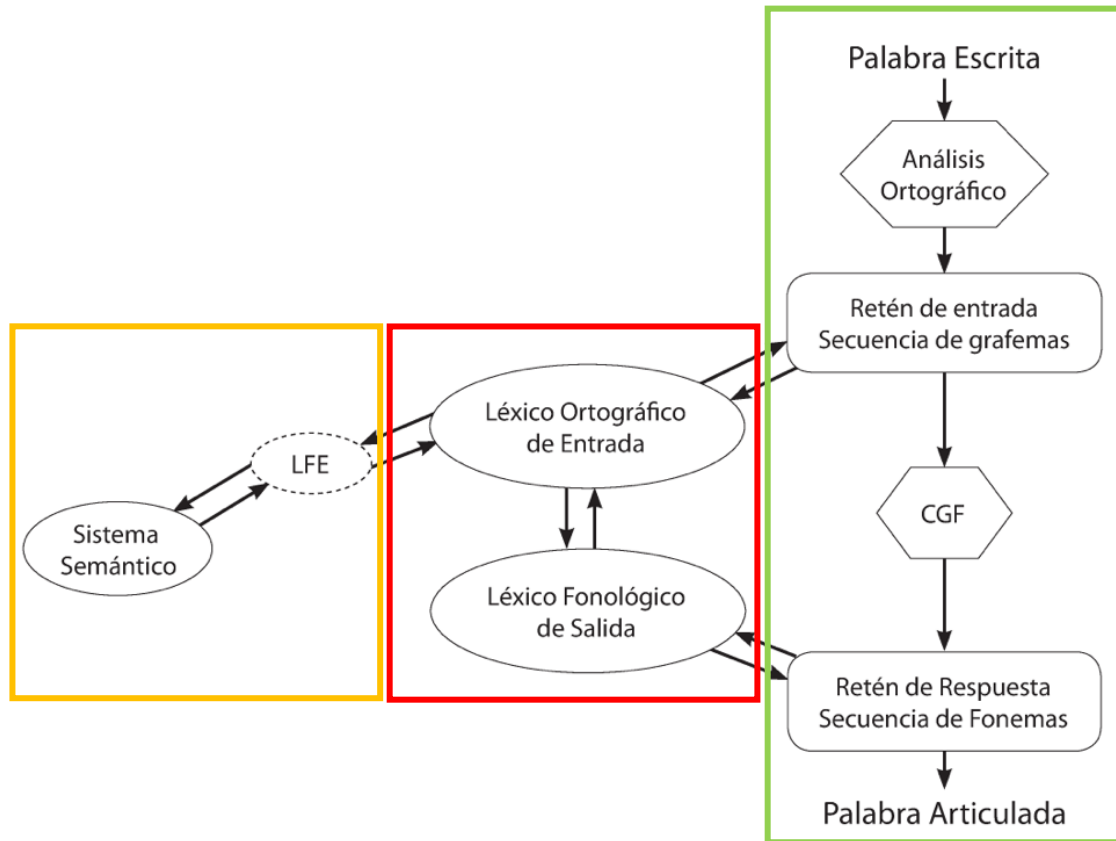


Figura 5. Diagrama de lectura de palabras en voz alta en cascada, ruta léxica (rojo), subléxica (verde) y la ruta léxica fonológico-semántica (amarillo) (Benedet, 2013).

Conforme la ruta léxica y subléxica se vayan automatizando, cada vez se tendrá más recursos para acceder al significado de las palabras mientras se va leyendo. A medida que se va progresando en el aprendizaje lectoescritor la actividad cerebral se va lateralizando hacia el hemisferio izquierdo, como hemos visto anteriormente donde se encuentra “la caja de letras” del cerebro (Benedet, 2013).

#### 4.2 Evolución histórica de la dislexia

La primera escritura se originó hace más de 5.500 años, y el primer alfabeto del que se tiene constancia surgió en el 1.600 a.C., a partir de ahí han ido evolucionando a través de las diferentes culturas. Sin embargo, esta forma de comunicación ha estado siempre reservada a un grupo muy cerrado y escaso de la sociedad. Probablemente el invento que más ayudó a popularizar la lectura y la escritura fue la imprenta, pero aun así solo era común entre un exclusivo grupo de intelectuales y eruditos. Tuvieron que pasar muchos más años para llegar a los orígenes de la lectura en masa, una realidad que llegó aproximadamente a finales del siglo XIX. Si no tenemos conocimientos previos de la dislexia es probablemente por este hecho. Pues fue a partir de entonces, cuando los educadores observaron un cierto número de niños con llamativos problemas a la hora de leer y escribir (Gayan-Guardiola, 2001).

#### 4.2.1 Orígenes

El inicio de los estudios acerca de la dislexia evolutiva se encuentra con el cirujano óptico James Hinshelwood en Glasgow. No fue el primero en emplear el término dislexia, que se empleaba por aquel entonces para aquellos adultos que habían perdido la capacidad de leer debido algún tipo de traumatismo, pero sí el primero en describir lo que posteriormente sería la dislexia evolutiva. En 1895 publicó un artículo donde mencionaba la “ceguera verbal congénita” y la describía como una incapacidad o una grave dificultad para aprender a leer. Este cirujano contribuyó de manera decisiva a crear una preocupación médica y social en torno a la dislexia y considerarla como un asunto médico de mayor importancia. James fue el primero en clasificar esta ceguera verbal congénita dependiendo de su gravedad y origen (Díaz-Rincón, 2006):

- Alexia, para aquellos casos de retraso mental con discapacidad lectora.
- Dislexia, leve retraso en el aprendizaje de la lectura y escritura.
- Ceguera de palabras, para los casos más graves de discapacidad sin retraso mental.

Tan solo un año después, W.P. Morgan publicó un exitoso artículo basado en el caso de un joven de 14 años con importantes dificultades lectoescritoras a pesar de que sus facultades intelectuales eran normales (Díaz-Rincón, 2006). A partir de este artículo, comenzará una continua proliferación de publicaciones e informes de pacientes con este tipo de problemas, principalmente de oftalmólogos. Gracias a esto, Morgan es reconocido por muchos autores como el padre de la dislexia moderna. Durante las primeras etapas del estudio de la dislexia, su trastorno se describió como una enfermedad del sistema visual, por lo que eran casi siempre oftalmólogos los que escribían sobre él. En 1905 C. J. Thomas y J. Herbert Fisher descubrieron el carácter hereditario de la ceguera verbal congénita, y el hecho de que era más común en niños que en niñas (Díaz-Rincón, 2006).

#### 4.2.2 Siglo XX

A principios del siglo XX, hubo un especial énfasis en investigar las habilidades cognitivas de los niños en edad escolar y aparecieron las primeras pruebas de inteligencia. Estos hechos afectaron a los estudios que se realizaron a partir de entonces sobre la dislexia, las investigaciones pasaron de ser meramente médicas a tener una naturaleza más enfocada a la psicología y pedagogía (Díaz-Rincón, 2006). Durante estos años hubo una enorme tendencia a rechazar las causas neurológicas de la dislexia y centrarse en explicaciones de carácter ambiental (Gayan-Guardiola, 2001).

En 1925 se produce un planteamiento innovador en el estudio de la dislexia. Samuel Torrey Orton propuso una explicación teórica completamente diferente de la que se creía hasta el momento. Lo relacionaba con la falta de madurez equilibrada de un hemisferio cerebral sobre el otro. Creía que los errores causados durante la lectura se debían a un efecto de dominancia cerebral de los hemisferios (Díaz-Rincón, 2006). Propuso su teoría de los símbolos torcidos o “strephosymbolia” que se enfocaba en los errores de inversión de letras. Este énfasis, no solo de Orton, sino también de sus contemporáneos con las inversiones de letras, mitificaron la popular leyenda de que los disléxicos escriben al revés (Gayan-Guardiola, 2001). Esta teoría, aunque errónea, se considera la base de las investigaciones posteriores sobre la recepción y el procesamiento de la información (Díaz-Rincón, 2006).

Pero no es hasta 1930 donde se estructuran algunos de los conceptos fundamentales sobre los factores que inciden en la dislexia infantil: retardo lingüístico, desorientación espacial y perturbaciones emocionales. Aún no se estudiaban los factores genéticos, aunque se hubieran planteado hace años. Esta situación se mantiene hasta 20 años después, en 1950 donde Hallgren plantea una teoría genético-hereditaria. Aunque en 1942 ya se había demostrado la gran importancia de la heredabilidad como factor etiológico (Díaz-Rincón, 2006).

En la década de los 50 aparecen diversas teorías de factor único que buscan explicar la dislexia, la teoría genético hereditaria de Hallgren, la teoría del dismetabolismo cerebral de Smith y Carrigam (1957), la teoría maduracional de Béndér (1957) y la teoría de la lesión o disfunción cerebral mínima de Clements. (Díaz-Rincón, 2006). A pesar del debate sobre las causas y los síntomas de la dislexia, y también centrado en si era, o no, hereditario, en lo que sí coincidían todos los científicos era la posibilidad de una recuperación de los disléxicos, aunque diferían en la metodología a emplear (Gayan-Guardiola, 2001).

En la década siguiente, los 60, los estudios se enfocaron, en la creación de subgrupos dentro de la dislexia, pues entonces se veía que no todas las dificultades a la hora de leer y escribir eran iguales. Generalmente las categorías que usaban eran de carácter etiológico, como auditivo y visual. En los 70 se continuó con estos subgrupos y crearon los vocablos de disfonéticos y diseidéticos, y se añadió un grupo mixto. Simultáneamente la neuróloga Martha Denckla, plateó la idea de que el mayor subgrupo, donde estarían englobados más de la mitad de los disléxicos, tenían dificultades de lenguaje a la hora de nombrar objetos y ciertas características motoras particulares (Gayan-Guardiola, 2001).

En esta década de los 70, las teorías de la dislexia empezaron a provenir de otras disciplinas como la psicología cognitiva y las neurociencias, estas acapararon toda la atención debido a que aportaban resultados más prometedores (Gayan-Guardiola, 2001). La profesora I.Y. Liberman junto con su equipo, realizó un descubrimiento de vital importancia, demostró el valor del habla y el lenguaje en general a la hora de desarrollar la capacidad de leer. También describió la relación existente entre el habla y el conocimiento fonológico y comprobó que las dificultades de los disléxicos también pueden ser de naturaleza lingüística, en concreto problemas para dividir las palabras en segmentos más pequeños (Díaz-Rincón, 2006).

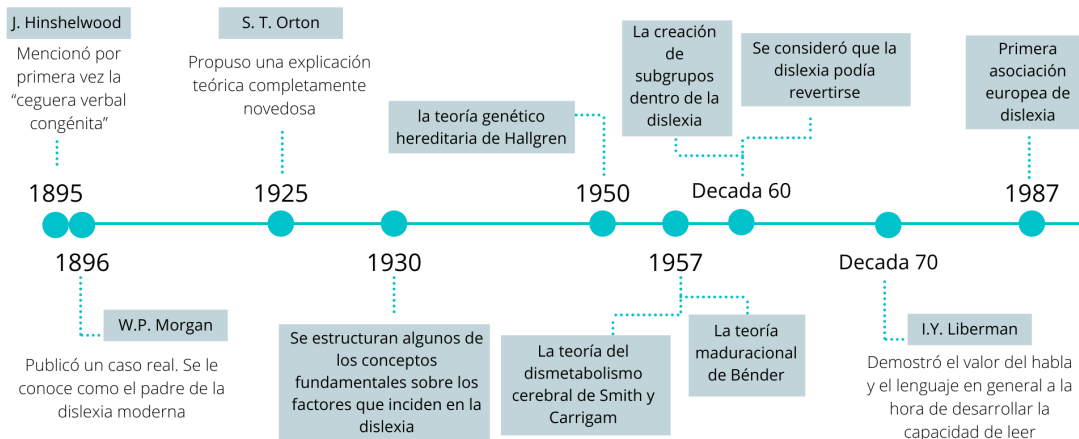


Figura 6. Línea temporal de los principales hitos en la investigación de la dislexia (Elaboración propia).

En la figura 6 podemos ver de manera resumida una línea temporal de los principales momentos clave en la investigación de la dislexia.

### 4.3 Dislexia en la actualidad

De manera etimológica la palabra “dislexia” tiene dos morfemas, “dys” y “lexia”, que tienen fácil interpretación; “dys”, que proviene del griego, hace referencia a “dificultad”, y “lexia”, de origen latino, nos aporta el concepto “leer” (Sanchez Merchan, 2013). Probablemente el mayor obstáculo que haya tenido de dislexia para encontrar su causa ha sido la falta de una definición concisa acerca de este trastorno. Durante años como hemos visto, los investigadores han considerado como típicos una gran variedad de síntomas, lo que ha dificultado enormemente hallar una causa común. La dislexia no debe ser entendida como un trastorno cualitativo, se tiene o no, sino se caracteriza por una constelación de síntomas en los que podemos encontrar mayor o menor dificultad de manera cuantitativa (Llopis Paret et al., 2020).

#### 4.3.1 Descripción general

En la actualidad la dislexia se incluye dentro de una amplia clasificación de las dificultades específicas de aprendizaje (Asociación andaluza de dislexia, 2010). No hay una única definición de dislexia, aunque la mayor parte de los estudios lo caracterizan como un trastorno neurogenético que da lugar a un bajo rendimiento en la lectura inesperado por una adecuada actitud intelectual, educación y motivación para leer con precisión y fluidez (Berninger, Abbott, Thomson, y Raskind, 2001; B. A. Shaywitz et al., 2002). Se manifiesta como la dificultad para la distinción y memorización de letras o grupos de las mismas, falta de orden y ritmo en la colocación, mala estructuración de frases... y esto puede verse tanto en la lectura como en la escritura (Llopis Paret et al., 2020). Cuando hay un daño en aquellos componentes que participan exclusivamente en la lectura de palabras en voz alta, el retén grafémico, el léxico grafémico de entrada, el CGF, sus conexiones mutuas o el resto de los componentes, podemos hablar de dislexia. Si el daño es en cualquiera de los otros componentes, hay un trastorno de lenguaje, pero no dislexia (Benedet, 2013).

Tras recorrer de manera general la historia del estudio de la dislexia, podemos ver como se han desarrollado diversas teorías, que dificultan encontrar una causa inequívoca que se pueda aplicar a todos los casos. Hay una gran diversidad de fenómenos asociados a la dislexia, y no se ha podido determinar en muchos casos si se tratan verdaderamente de causas o son alteraciones concomitantes (Llopis Paret et al., 2020). Debido a que la causa de la dislexia puede ser un daño en uno de los componentes de los diferentes circuitos cerebrales, en más de un componente del mismo o de diferentes circuitos, las combinaciones son infinitas, esto ha dado lugar a una increíble pluralidad de déficits que se observan en las dislexias. Hay autores que afirman que la dislexia no existe, que lo que existe son las dislexias, debido a que cada niño con dificultades de aprendizaje de lectura presenta su propia dislexia, diferente de la de los demás niños, y cada una requiere una metodología diferente (Benedet, 2013).

Algunos de los trastornos de los que la dislexia sería la manifestación son (Llopis Paret et al., 2020):

- Mala lateralización: los niños que presentan alguna alteración en la evolución de la lateralidad tienden a llevar asociados trastornos perceptivos, viso-espaciales y del lenguaje.
- Alteraciones de la psicomotricidad: como la falta de ritmo, de equilibrio o el conocimiento deficiente del esquema corporal. Es muy usual que los niños disléxicos tengan o no problemas de lateralidad presenten alteraciones en su psicomotricidad.
- Trastorno perceptivo: tenemos la percepción espacial organizada sobre la estructura del conocimiento de nuestro cuerpo, situamos los objetos teniendo en cuenta nuestra posición. La lectura y la escritura también se fundamenta en las coordenadas, arriba-abajo, derecha-izquierda, delante-detrás. No distinguir bien estas coordenadas supone dificultades en diferenciar letras similares como a-e y d-b.

Durante el periodo de aprendizaje de la lectoescritura es usual cometer errores. Lo podemos comparar con el hecho de cualquier aprendizaje, en el cual se van adquiriendo destrezas conforme se practica. Por todo esto, de un modo técnico, en infantil se denominan "signos de riesgo" en el aprendizaje de la lectoescritura y nunca dislexia. Es una etapa en la que el alumno está aprendiendo y adquiriendo destrezas comunicativas. La lectura y la escritura son procesos que requieren un gran control de numerosos elementos psicolingüísticos. Únicamente mediante la práctica y el refuerzo constante se podrá llegar a completar con destreza. Sin embargo, esta paciencia no debe ser confundida con pasividad pues hay que corregir al niño y estar atento a sus errores por si pudieran significar algo más. Únicamente cuando se manifieste un escaso dominio, o apreciemos una cierta generalización de errores, básicamente cuando el aprendizaje no se haya conseguido regularizar con las normas existentes. Podemos pensar que es posible que haya algún problema detrás. Toda intervención que realicemos, incluso la preventiva, debe responder a un diagnóstico preciso y estar debidamente planificada por personal cualificado (Quintanal, 2011).

Estas manifestaciones pueden darse entre los tres y seis años y se dan en la prelectura y la preescritura. Los síntomas principales están en el lenguaje y en el habla ya que presentan problemas de articulación, estos alumnos presentan una expresión verbal baja y un vocabulario pobre. En algunos casos pueden incluso presentar un retraso en el lenguaje y en el aprendizaje del mismo, pueden tener dificultades en la identificación de sonidos, problemas de escritura y de reconocimiento de letras, a la hora de integrar y asociar colores, formas o tamaño y un posible retraso en la estructuración y reconocimiento del propio cuerpo (Alvarez Alvarez y Correa López, 2021).

#### 4.3.2 Diagnostico

Un correcto diagnóstico de la dislexia no se puede hacer a partir de la mera evaluación de las habilidades lectoras de un niño, ni del conjunto de sus habilidades verbales. Se requiere un diagnóstico diferencial de la dislexia, un diagnóstico que nos permita determinar si las dificultades que presenta para aprender a leer se deben a un daño que afecta primariamente a los componentes del sistema de procesamiento del lenguaje específicos del procesamiento de lectura, en el caso de una dislexia, o si estas dificultades son secundarias, en cuyo caso hay que determinar cuál es ese componente y como está dañado para rehabilitarlo (Benedet, 2013).

Para lograr este diagnóstico diferencial hay que realizar una evaluación neuropsicológica completa. Las evaluaciones neuropsicológicas no están orientadas a

obtener puntuaciones, sino determinar los procesos que el individuo emplea en cada tarea, dependiendo de las funciones cognitivas que participan en cada una de ellas y la calidad de cada uno de estos procesos. Obviamente permite obtener puntuaciones, pero su objetivo no es ese, ya que estas no suelen reflejar la realidad de las habilidades y dificultades del paciente (Benedet, 2013).

Sin embargo, durante muchos años la dislexia ha sido un gran cajón de sastre donde se han ubicado a toda clase de niños con dificultades escolares. Durante los años 80 hubo un Boom de pseudodiagnósticos, donde se etiquetaba los niños como disléxicos aun cuando hoy sabemos que no lo eran (Centro psicopedagógico, 2020).

En los primeros estudios que se realizaron sobre la dislexia se intentó identificar un solo marcador para ayudar a diagnosticarla, antes de que el alumno comenzara a leer. Sin embargo, lo que encontraron es que los sujetos disléxicos pueden distinguirse de los sujetos control en múltiples medidas anatómicas pero no en una sola (M. A. Eckert et al., 2003; Leonard et al., 2001). Éstos hallazgos son consistentes con otros estudios que han observado que las medidas de función visual, auditiva y cerebral pueden predecir déficits en diferentes subconjuntos de adultos disléxicos, los cuales tienen deficiencias fonológicas (Ramus et al., 2003). Todo esto demuestra que no hay una única característica neuroanatómica para diagnosticar a los disléxicos, sino todo un espectro de ellas (M. Eckert, 2004). En la actualidad un importante desafío para las investigaciones sobre la intervención en la dislexia, es la identificación de factores predictores que sean efectivos (Soriano-Ferrer y Piedra Martínez, 2017).

#### 4.3.3 Causas y prevalencia

La dislexia tiene una inequívoca predisposición genética, los hermanos de un niño disléxico tienen hasta un 50 % de riesgo de padecerla también. Hasta el momento se han descubierto cuatro genes que presentan vulnerabilidad hacia este trastorno (Dehaene, 2015). Sin embargo, la interpretación de la relación entre estos genes y la dislexia presenta grandes retos. La mayoría de autores plantea la idea de que en vez de genes específicos, se trate de asociaciones de genes o de rutas génicas particulares (Benedet, 2013).

Sin embargo, a pesar de esta predisposición genética, no está claro que los genes sean determinantes. Hay parejas de hermanos gemelos homocigóticos, con el mismo genotipo, en el que uno de ellos padece dislexia y el otro no. También se han visto parejas en las que ambos progenitores tienen dislexia de las que nacen hijos sin este trastorno. Esto parece indicar una influencia del medio ambiente en la aparición de la dislexia, pero todavía no está claro (Mora, 2020).

Se han hallado múltiples marcadores cromosómicos para la dislexia, esto indica que puede haber una serie de subtipos genéticos y neurobiológicos para este trastorno. A día de hoy los mecanismos moleculares de la dislexia todavía permanecen desconocidos y los principales marcadores cromosómicos que se han relacionado con la dislexia están en los cromosomas 1, 2, 3, 6, 15 y 18 (Fisher et al., 2002; Grigorenko et al., 2001; Nopola-Hemmi et al., 2001). Es posible que la interacción de varios genes influyan en la variabilidad de la expresión neuroanatómica y conductual de la dislexia (Fisher et al., 1999; Gayán et al., 1999).



Este trastorno es uno de los factores de abandono de la escuela más importantes, pues afecta básicamente al aprendizaje de la lectura y se manifiesta también en la escritura. Nos encontramos con un mayor porcentaje de niños frente al de niñas, siendo bastante habitual que haya antecedentes familiares, aunque estos no siempre han sido diagnosticados (Asociación andaluza de dislexia, 2010).

#### 4.3.4 Tipos de dislexia

Hay diversas clasificaciones de dislexia, dependiendo del criterio o factor que se considere. Los distintos tipos de dislexia y su frecuencia están fuertemente vinculados con el componente neurológico que está afectado, con el perfil neuropsicológico y comportamiento asociado o bien con las características de los errores en la lectura que presenta el alumno. De esta forma podemos decir que una persona que habla por ejemplo español no tiene la misma dislexia ni es equivalente a la de otra que habla por ejemplo inglés o chino, las habilidades cognitivas que se requieren para leer el español, inglés y chino no son exactamente coincidentes. A continuación explicaré los principales subtipos en los que se clasifica la dislexia en la actualidad (Ardila, Rosselli, y Matute, 2005).

Si hablamos en el ámbito educativo, se distingue entre dislexia evolutiva y dislexia adquirida. En ese trabajo nos centramos exclusivamente en la dislexia evolutiva o del desarrollo, que es la más común, y esta presente desde el nacimiento. Dislexia adquirida sería aquella que aparece posteriormente al nacimiento y es debida a un accidente o lesión cerebral (Copete-Andrade, 2020).

Otro tipo de clasificación, además del más común, es la que la organiza según la ruta afectada. Volviendo a las distintas rutas de lectura, según donde esté el daño podemos distinguir entre: dislexia fonológica, dislexia de superficie y dislexia mixta (Benedet, 2013):

- La dislexia fonológica tiene un error en la ruta subléxica, por lo que los que presentan este tipo, tienen una especial dificultad en la decodificación grafema-fonema y en la lectura de pseudopalabras. Este tipo de disléxicos abusa de la ruta léxica, por lo que tienen errores por analogía, errores derivativos o morfológicos, errores por desciframiento parcial y errores de información contextual (Benedet, 2013).

- La dislexia superficial es justo la contraria, en este caso hay una incapacidad para utilizar la ruta léxica. Este tipo de dislexia se caracteriza por la incapacidad de leer un texto o palabra de manera global, ya que basan la lectura en la decodificación fonológica. Esto causa que la familiaridad con las palabras no ayude al flujo de lectura. Este tipo de lectores tendrán una lectura poco fluida y lenta, no respetarán los signos de puntuación y descifrar el significado de las palabras homófonas será todo un reto (Benedet, 2013).

- El último caso, el de la dislexia mixta, es el más predominante y muestra una incapacidad para utilizar ambas rutas. Los problemas de este tipo de disléxicos son tanto de decodificación del grafema-fonema como de lectura global de la palabra o frase (Benedet, 2013).

No todos los trastornos que desencadenan la dislexia se dan siempre en su totalidad y sus manifestaciones tampoco son siempre las mismas. De esta manera se puede distinguir entre (Llopis Paret et al., 2020):

- Dislexia con alteraciones fundamentalmente viso-espaciales y motrices: serían aquellos niños con confusiones e inversiones al escribir, torpeza motriz y digrafía.
- Dislexia con alteraciones fundamentalmente verbales y de ritmo: En estos casos veríamos pobreza de expresión, poca fluidez verbal, baja comprensión de las reglas sintácticas, dificultad para redactar...

Recientemente Friedmann y Coltheart (2018) han enumerado varios tipos de dislexia cuya clasificación es en:

- Dislexias periféricas, asociadas a la etapa de análisis ortográfico-visual.
- Dislexias centrales, que serían deficiencias en las rutas de lectura como se menciona en la clasificación anterior.

La deficiencia de cada componente conectado en este modelo conducirá a patrones diferentes de dificultades lectoras, con errores típicos y dificultades más pronunciadas con determinados tipos de estímulos que pueden tener una aparición aislada (Peixoto, Murta, Machado, y Lopes-silva, 2019).

Ni siquiera el manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-V) se ha puesto de acuerdo en cuál es la clasificación correcta. Todo esto impide una adecuada intervención ya que no se es capaz de diagnosticar con precisión el tipo de dislexia del alumno. En la siguiente tabla 1 podemos ver alguno de los subtipos que se propusieron originalmente y que ahora se encuentran más en desuso.

Tabla 1

*Repaso histórico por algunas de las clasificaciones de dislexia más importantes (adaptación de Ardilla, 2005).*

<b>Clasificación con base en el comportamiento neurológico</b>	
<b>Bakker, 1979</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dislexia posterior</li> <li>- Dislexia anterior</li> <li>- Dislexia central</li> </ul>
<b>Clasificación con base en el perfil comportamental o neurosicológico</b>	
<b>Johnson, Myklebust, 1971</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad en el procesamiento visual (visoespacial).</li> <li>- Dificultades en el procesamiento auditivo (audiofónica)</li> </ul>
<b>Quiros, 1964</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dislexia por defectos en el procesamiento central auditivo.</li> <li>- Dislexia visoperceptual</li> </ul>
<b>Pirozzolo, 1979</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subtipo auditivo-lingüístico</li> <li>- Subtipo visoespacial</li> </ul>
<b>Clasificación con base en el análisis de errores a leer</b>	
<b>Boder, 1973</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disfonética: incapacidad para relacionar símbolos y sus sonidos.</li> <li>- Diseidética: Incapacidad para percibir simultáneamente un conjunto.</li> </ul>
<b>Ellis, 1993</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dislexia fonológica del desarrollo</li> </ul>



### 4.3.5 Comorbilidades

La dislexia tiene una serie de patologías asociadas que, a pesar de no estar siempre presentes, tienden a estarlo en mayor medida que en niños sin este trastorno. En la figura 7 podemos ver las distintas comorbilidades y el motivo de por el que pueden estar relacionadas en la tabla 2 (Asociación andaluza de dislexia, 2010; Copete-Andrade, 2020; Hendren, Haft, Black, White, y Hoeft, 2018) :

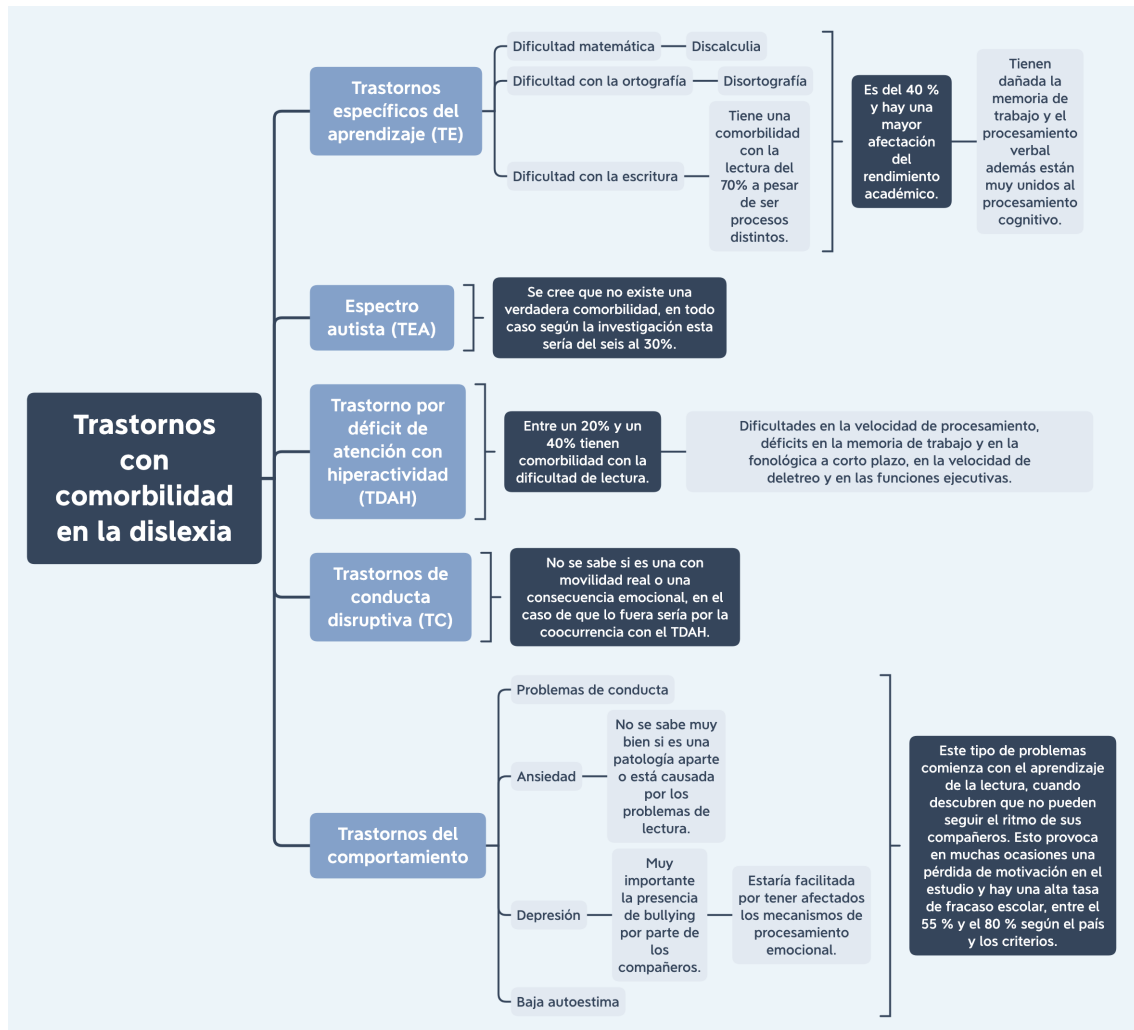


Figura 7. Esquema de las diferentes comorbilidades de la dislexia (Elaboración propia).

Tabla 2

Tabla que muestra las diferentes trastornos con los que cursa comorbilidad la dislexia, las características que presentan y por qué comparten riesgo con los ella (Adaptación de Hendren et al., 2018).

<b>Condición de comorbilidad</b>	<b>Características del grupo de comorbilidad</b>	<b>Riesgo compartido con desordenes de lectura</b>
<b>Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH)</b>	Falta de atención auditiva y visual. Déficits en la velocidad de procesamiento, memoria de trabajo verbal, memoria fonológica a corto plazo, velocidad de denominación y procesos ejecutivos centrales.	Genes de riesgo compartidos (KIAA0319 y DCDC2). Anomalías neuronales estructurales y funcionales compartidas. Factores ambientales (humo y aborto espontáneo).
<b>Desorden del espectro autista</b>	Deterioro de la comprensión lectora.	Genes de riesgo compartido (MRPL19). Comorbilidad con deterioro del lenguaje.
<b>Trastornos disruptivos, del control de los impulsos y de la conducta</b>	Comportamiento externo.	Riesgo cognitivo compartido en el déficit de memoria de trabajo. Comorbilidad con TDAH. Deficiencias en el procesamiento verbal y las habilidades del lenguaje.
<b>Trastornos del comportamiento</b>	Baja autoestima. Internalizar psicopatología.	la Experiencias académicas / sociales negativas. Factores de riesgo familiares compartidos.
<b>Trastornos específicos del aprendizaje</b>	Internalizar psicopatología. Déficits de escritura.	la Riesgo cognitivo compartido en la memoria de trabajo, la memoria semántica y los déficits de procesamiento verbal. Déficits en la organización rítmica.

#### 4.3.5.1 Disgrafía

La disgrafía puede ir asociada a la dislexia no siendo obligatoria su presencia. Podemos definirla como una dificultad específica a la hora de aprender a escribir correctamente. Puede ser tanto problemas para mantener la forma ortográfica de las palabras como dificultades para escribir con una caligrafía legible. Si fuera el primer caso estaríamos ante una digrafía léxica y en el segundo caso ante una digrafía caligráfica (Asociación andaluza de dislexia, 2010). La disgrafía se manifiesta como rasgos poco precisos incontrolados, falta de precisión, grafismos no diferenciados ni en forma ni tamaño, escritura desorganizada, escritura en espejo... (Llopis Paret et al., 2020).

Es difícil determinar su etiología, pero podemos definir tres grandes grupos: una mínima alteración neurológica en el desarrollo de la coordinación psicomotriz, trastornos de la lateralidad y trastornos emocionales que pueden favorecer las alteraciones de la escritura (Llopis Paret et al., 2020).

#### *4.3.5.2 Disortografía*

En la disortografía lo que encontramos son numerosas faltas que se manifiestan una vez adquiridos los mecanismos lectoescritores. Los motivos que llevan a la disortografía son variados, frecuentemente se aprecia una conjunción de errores perceptivos, audio-visuales, de lenguaje, de atención... Para muchos autores la disortografía es una secuela de la dislexia (Llopis Paret et al., 2020).

#### *4.3.5.3 Discalculia*

La discalculia se refiere a una alteración en la capacidad para el cálculo y en el sentido más amplio, se emplea para referirnos a cualquier alteración en el manejo de los números. Sin embargo, las dificultades para la aprendizaje de las matemáticas, abarcan la utilización del lenguaje matemático, el uso de gráficas, la interpretación adecuada de un enunciado o el manejo de los conceptos de geometría (Asociación andaluza de dislexia, 2010).

#### *4.3.5.4 Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH)*

Este trastorno tiene una fuerte comorbilidad con la dislexia, se caracteriza por una falta de atención y/o hiperactividad-impulsividad que da como resultado un deterioro de las funciones. En la dislexia a menudo las dificultades de atención pueden estar causadas por un TDAH que se pasa por alto y no se trata correctamente. Los subgrupos de disléxicos muestran deficiencias relacionadas con la atención, como por ejemplo pueden ser déficits en el estado de alerta, atención dividida, flexibilidad y búsqueda visual (Hendren et al., 2018).

En el dominio visual hay autores que argumentan que contribuye de manera independiente a los déficits fonológicos. Aproximadamente entre un 20% y un 40% de los disléxicos tienen TDAH. Los perfiles neuropsicológicos de los grupos que parecen tanto dislexia como TDAH incluyen déficit en la velocidad de procesamiento, en la memoria de trabajo verbal, en la memoria fonológica a corto plazo, en la velocidad de denominación y en los procesos ejecutivos centrales (Hendren et al., 2018).

Una posible explicación de esta comorbilidad son los múltiples predictores genéticos de cada trastorno que están compartidos o superpuestos, así como los factores de riesgo neuronales y cognitivos. Sin embargo, los estudios de neuroimagen han encontrado de manera general patrones distintos de anomalías estructurales y funcionales entre los que parecen dislexia y TDAH. Se necesita una mayor investigación de la combinación de dislexia más TDAH y de la influencia de esta posible comorbilidad (Hendren et al., 2018).

#### *4.3.5.5 Trastornos del comportamiento*

De manera generalizada los disléxicos tienen una mayor ansiedad que sus compañeros y un metaanálisis ha confirmado que los niños y adolescentes con desórdenes de aprendizaje, incluidos aquellos con dislexia, tienen puntuaciones significativamente más altas de ansiedad que los estudiantes que no las padecen. Esta mayor tasa de ansiedad persiste incluso después de controlar los síntomas del TDAH. Como posible explicación, los investigadores proponen que la ansiedad distrae del aprendizaje e interfiere con los

procesos cognitivos necesarios para la lectura, y esto conduce a una dificultad de lectura potencial. Sin embargo, otra posible explicación es que los problemas de lectura pueden provocar ansiedad como resultado del fracaso escolar. A pesar de que se necesita una mayor investigación, ambas explicaciones parecen ser plausibles, hay una relación bidireccional entre la ansiedad y la lectura (Hendren et al., 2018).

#### *4.3.5.6 Trastornos emocionales*

Además de la ansiedad, los niños y adolescentes con dislexia presentan tasas más altas de depresión, con una correlación positiva entre una dislexia más grave y temprana con los síntomas depresivos más fuertes. La existencia de la depresión en la dislexia no parece depender de la comorbilidad con el TDAH. Los investigadores han podido identificar la baja autoestima como un síntoma de depresión en dislexia, y como un objetivo para la intervención, este síntoma predijo el 23% de la variación del riesgo de la depresión en un estudio de adolescentes con dislexia. El bullying puede ser un factor ambiental que explique parcialmente esta comorbilidad con la depresión. Sin embargo, puede no ser la única explicación, los investigadores sugieren que el procesamiento de las emociones puede verse afectado en los niños con dislexia, este deterioro tiene implicaciones importantes para evaluar la depresión y la ansiedad ya que los déficit en la comprensión de emociones y los síntomas depresivos y ansiosos pueden no ser notados de manera clara por el alumno (Hendren et al., 2018).

También se ha visto en algunos estudios, como la autoestima es menor en aquellos estudiantes con dislexia en todas sus dimensiones respecto a sus compañeros. No solo la autoestima académica, sino también la percepción personal y social familiar. Por lo que está bajada se extiende a otros ámbitos relevantes en el desarrollo de la persona (Hendren et al., 2018).

#### *4.3.5.7 Otras comorbilidades de la dislexia*

Aunque la dislexia no figura como un trastorno que tenga comorbilidad con trastornos del sueño-vigilia y viceversa, un estudio encontró que hay una frecuencia significativamente mayor de trastornos del sueño en aquellos niños con dislexia en comparación con los controles. Un estudio neurofisiológico previo mostró una asociación entre la actividad del sueño y las habilidades de lectura en niños con dislexia. Se pudo ver como la evaluación del sueño puede llegar a ser un factor importante a la hora de considerar el tratamiento y manejo de la dislexia (Hendren et al., 2018).

#### *4.3.6 Sintomatología*

En los últimos años, las investigaciones hablan de que la dislexia es un trastorno que se manifiesta de múltiples formas o tipos. La mayoría de las personas que lo padecen tienen algún tipo de déficit auditivo-fonológico, viso-espacial o psicomotor. La dislexia, a pesar de presentar una sintomatología común, no está necesariamente acumulada, es decir, pueden presentarse algunos de los siguientes síntomas, pero no necesariamente todos (Asociación andaluza de dislexia, 2010):

- Problemas en la lectura
- En la visión
- En la escritura y ortografía

- Coordinación motora
- Matemáticas y comprensión del tiempo
- Situación en el espacio
- Limitación de la capacidad para integrar información que se comprende por separado

En el caso particular que nos ocupa, un alumno que haya entrado en la secundaria, de unos 12 años, las manifestaciones de que padece dislexia serán las siguientes, de nuevo no siendo necesaria la presencia de todas a la vez (Benedet, 2013; Moreno de Benito, 2019):

- Falta de fluidez lectora y baja velocidad.
- Dificultad a la hora de comprender textos escritos.
- Falta de automatización en las normas ortográficas.
- Falta de automatización a la hora de realizar operaciones matemáticas y de memorizar ciertas normas como las tablas de multiplicar.
- Dificultades a la hora de estructurar un texto mediante la expresión escrita y a la hora de emplear los signos de puntuación.
- Trastornos emocionales y atencionales.
- Falta de organización y planificación a la hora de estudiar las materias.
- Dificultad en lenguas extranjeras.
- Un historial previo de dificultades de aprendizaje en primaria.

#### 4.3.7 Prevención

Hoy día en las metodologías escolares se potencia la interpretación gráfica, mientras se menoscaba la interacción oral. No debe ser una más que otra, sino que deben complementarse. Para la prevención de la dislexia es necesario que la escuela diseñe la metodología de trabajo tomando como base tres factores psicopedagógicamente fundamentales: por un lado la seguridad emocional del niño, por otro una didáctica activa de carácter multisensorial y por último un contexto favorecedor de la comunicación interpersonal (Quintanal, 2011).

Vamos a centrarnos en el primer factor, el ámbito emocional del sujeto. Es de vital importancia que el alumno tenga un alto nivel de autoestima durante el proceso de lectoescritura. Es muy común en estos casos que el niño se compare con sus semejantes y se preocupe al ver que no consigue igualar sus resultados. Esto puede mermar su autoestima y como consecuencia puede llegar a reducir el esfuerzo. Este factor, al ser de carácter emocional, es el adulto quien debe controlarlo, manteniendo alrededor del niño un ambiente de normalización (Quintanal, 2011).

En segundo lugar, tenemos la didáctica de carácter multisensorial. Para que el alumno acabe dominando la lectoescritura, es necesario que se le faciliten los recursos imprescindibles para llegar a la adquisición del dominio. En ese sentido es la pedagogía la que debe encontrar qué tipo de intervención es adecuada para dicha pauta. Hay gran cantidad de recursos en la literatura especializada, algunos de los cuales destacan por su efectividad. Desde la perspectiva didáctica, el sentido preventivo de la actuación debe diseñarse en base metodologías en las que prime el desarrollo de aprendizajes activos, manipulativos, de carácter experimental, que generan un conocimiento multisensorial y

en el que prime la comunicación simbólica y la expresión oral del pensamiento (Quintanal, 2011).

Último lugar debemos complementar este proceso de actuación generando un contexto comunicativo. Es muy importante mantener este contexto enriquecido de manera constante para estimular el interés y la motivación personal del alumno. Esto permitirá que el niño se entusiasme con el lenguaje, con su aplicación y poco a poco ir progresivamente controlándolo y perfeccionándolo (Quintanal, 2011).

Debemos ser conscientes de que los disléxicos presentan un nivel de inteligencia normal, incluso en algunos ámbitos puede llegar a ser superior como el creativo o el motor. Si el ambiente en el que se encuentran potencia su creatividad, los acoge y valora, mantendrán su esfuerzo constante, expresando todo su potencial. Buscaremos por tanto, factores que faciliten un estilo de enseñanza-aprendizaje preventivo que resultará clave. Queremos sobre todo actuar sobre los signos de riesgo de un modo constructivo, de manera positiva y generando el ambiente necesario para estimular el proceso madurativo del lenguaje del pequeño. El alumno debe ser el protagonista del desarrollo de aprendizaje. Si posteriormente acaba siendo diagnosticado como disléxico no pasará nada, se le aplicará el tratamiento y la intervención oportuna. Sin embargo, antes de eso, el objetivo es normalizar el desarrollo y generar recursos expresivos y comunicativos fundamentales para saber convivir con el problema, desde una perspectiva de normalidad, siendo conscientes de ello, conociendo y teniéndolo asimilado (Quintanal, 2011).

#### 4.3.8 Respuesta educativa

Desde la segunda mitad del siglo XIX surge la educación especial, que pasa de un enfoque de atención médica a un enfoque médico-pedagógico. Sin embargo, no será hasta el siglo XX, llamado “siglo de las luces de la educación especial” cuando se crearán instituciones que estén especializadas para todo tipo de deficiencias y que cuenten con una atención médico-psico-pedagógicas dado que en ese momento las escuelas públicas no asumían aquellos alumnos con dificultades especiales. A pesar de todo esto, el verdadero punto de inflexión es el informe Warnock, el cual supuso un antes y un después a la hora de entender la educación especial y las necesidades educativas. Este informe fue elaborado por la Comisión de educación británica y lleva el nombre de su presidenta, en él, plantea que las necesidades educativas especiales (NEE) son aquellas que se necesitan para tratar alguna dificultad en el aprendizaje, para lo que se requiere atención y recursos de manera especial. También rechaza el pensamiento imperante hasta el momento y establece que debe ser la escuela la que tiene que adaptarse y dar respuesta estas demandas (Moreno-Rebato, 2018).

Antes estaba establecida la idea de que había niños deficientes y no deficientes, los primeros debían recibir una educación especial y segregada y los segundos únicamente educación. En la declaración universal de los derechos humanos en 1948 se afirmó que toda persona debe tener derecho a la educación, en igualdad oportunidades y hasta el máximo de sus posibilidades. En la actualidad, en Europa se busca integrar a los alumnos con necesidades especiales dentro de las escuelas ordinarias, para ello es necesario proporcionar al profesorado diversos apoyos como personal complementario, materiales, cursos de formación y equipamiento (Moreno-Rebato, 2018).



En España, la evolución social va ligada a la modificación y evolución del sistema educativo. Concretamente en España desde los 70 hay una modernización del sistema educativo mediante la aprobación y implantación de hasta ocho leyes de educación. Junto con los avances en materia educativa, la atención a la diversidad del alumnado ha dado un giro radical en los entornos escolares, influido por las últimas tendencias de intervención (Gómez-Jiménez, 2021).

En nuestro país las leyes educativas han variado mucho su concepción de la educación especial. En 1970 la ley general de educación estableció centros separados para los alumnos con dificultades más graves o unidades de educación especial en los centros ordinarios para los más leves. La LOECE, en 1980 y la LODE en el 85 aumentaron los derechos de este tipo de alumnado. La LOGSE en 1990 incorporó el principio de normalización e inclusión, con esta ley solo se derivarían hacia centros de educación especial los casos más graves que no pudieran incorporarse en una escuela normal. Para ello, los centros tenían que realizar las adaptaciones y diversificaciones necesarias para que la mayor cantidad de alumnado con necesidades especiales pudiera participar (Moreno-Rebato, 2018).

Fue en el siglo XX con la entrada de la LOCE en el 2002 donde se organizó las intervenciones en tres grupos: los alumnos que estén integrados en grupos ordinarios, aquellos que deban hacerlo en centros de educación especial y los que posean una escolarización combinada. En el 2006 en la LOE y después en la LOMCE en el 2013, se concreta el derecho de los alumnos a recibir ayudas y apoyos que suplan las carencias y desventajas tanto de tipo personal, familiar, económico, social, cultural y en el caso de las necesidades educativas especiales (Moreno-Rebato, 2018). Fue la LOE, la que incorporó por primera vez el concepto de dificultades específicas de aprendizaje. Por primera vez se hace referencia en esta ley a la consideración de las dificultades específicas de aprendizaje como una categoría propia de diagnóstico dentro de la educación especial. Se presupone que se trata de trastornos intrínsecos al individuo y que son debidos a una disfunción del sistema nervioso central. La LOMCE, en el tema de las dificultades específicas de aprendizaje, ratificó lo expuesto en la LOE (López Sánchez, 2019).

En la actualidad todo esto queda traducido a que son las comunidades autónomas las que han debido de desarrollar los aspectos de la legislación básica estatal y han elaborado normas para el apoyo de las necesidades específicas del alumnado. Todas estas medidas y normas son muy variadas de una comunidad a otra. Algunas tan solo establecen de forma genérica que deben ser los centros docentes los que determinen cuando sean necesarias adaptaciones tanto curriculares como medidas específicas, mientras que en otras comunidades establecen la regulación de aspectos mucho más concretos como cuál es deben ser los procedimientos de detección, informes emitidos que acrediten el diagnóstico... (Moreno-Rebato, 2018).

Tras las numerosas leyes de educación que ha tenido España, la última de ellas, es la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa). Las medidas de atención a la diversidad han evolucionado a lo largo de los años y han dado un mayor protagonismo a una atención individualizada del alumno que incluya los principios de la escuela inclusiva en sus bases de manera progresiva y acorde a las necesidades sociales educativas que se dan en el entorno escolar, como hemos podido ver. En esta nueva ley se hace un especial hincapié en la igualdad e inclusión en el sistema educativo mediante la garantía de los derechos de inclusión educativa y

el diseño universal de aprendizaje. Se busca que la inclusión esté dentro de la comunidad educativa mediante la sociabilización y participación, un aspecto muy importante de la ley. También plantea la aplicación de algunas metodologías alternativas que puedan conllevar una personalización y mejora de la enseñanza y por tanto de la capacidad de aprendizaje (Gómez-Jiménez, 2021).

En cuanto a lo que atención a la diversidad se refiere, esta ley remarca lo imprescindible que es individualizar la educación con el objetivo de alcanzar el máximo desarrollo personal, intelectual, social y emocional del alumno. Quedan establecidos nuevos itinerarios formativos, con posibilidad de personalizar según las necesidades individuales del alumnado y sus perfiles profesionales y académicos, también se considera adaptaciones y adecuaciones para el alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo (ACNEAEs) en las etapas postobligatorias de la educación (Gómez-Jiménez, 2021)

La dislexia se clasifica dentro del ACNEAE, este es un tipo de alumnado que requiere una atención educativa diferente a la usual, ya que presenta necesidades educativas especiales. Y dentro de este grupo la dislexia es una dificultad específica de aprendizaje (DEA), que son alteraciones de base neurobiológica que afectan procesos cognitivos implicados en el lenguaje, la lectura, la escritura y/o el cálculo aritmético, y estas dificultades tienen implicaciones relevantes para el aprendizaje escolar (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2012).

Debido a la naturaleza de la dislexia, lo usual es que ese tipo de alumnos sean escolarizados en centros educativos ordinarios en los cuales se deben realizar algunas adaptaciones educativas que pueden ir desde un simple tiempo extra a la hora de realizar exámenes, hasta necesitar adaptaciones curriculares normalmente no significativas. A pesar de que no se trata de una discapacidad grave, hay diversos centros educativos tanto privados como concertados, que se han especializado en alumnos con dislexia y tienen un abundante alumnado con esta sintomatología. Lo lógico sería, que debido a que es relativamente fácil adaptarse a este tipo de trastorno, la mayor parte de los disléxicos acudieran a centros ordinarios. Sin embargo, tenemos un sistema educativo basado de manera casi exclusiva en la adquisición de conocimientos mediante la lectura, y de la emisión del mismo mediante la escritura, por lo que los contenidos adaptados a este alumnado se harían de manera individual, aunque podrían beneficiar a todos los alumnos. Introducir mejoras, como formación para el profesorado, contenidos audiovisuales y ciertas ayudas en el aprendizaje de información, podrían ayudar a que estos alumnos volviera integrarse de manera mayoritaria en centros públicos (Moreno-Rebato, 2018).

Se han llevado a cabo investigaciones en España sobre las actitudes del profesorado hacia la dislexia, se ha encontrado que los profesores carecen de información, tanto teórica como práctica (Alvarez Alvarez y Correa López, 2021). Esto es fundamental dado que la detección del tratamiento debe abordarse desde el aula (Cervel-Nieto, 2008) por lo que deben ser los profesores los que estén capacitados para conocer las causas y síntomas de las dificultades de aprendizaje y atender las necesidades educativas de los niños (Ainscow, 2001). Este desconocimiento puede llevar a categorizar, generalizar y etiquetar a los niños de manera errónea generando un rechazo hacia la lectura y aumentando el fracaso escolar (Pontecorvo, 2003). Como conclusión de los diferentes estudios en España, se puede decir que en general los docentes no cuentan con información suficiente sobre la dislexia, por este motivo las escuelas todavía no responden de manera eficaz a la



hora de trabajar con este tipo de alumnado. Si el docente tiene una mayor comprensión e información acerca de la dislexia podrá detectar los síntomas de manera precoz en los niños lo que les permitirá reforzar sus habilidades, implementar nuevas didácticas y fortalecer la autoestima de los estudiantes (Alvarez Alvarez y Correa López, 2021).

#### *4.3.8.1 Estrategias útiles en la secundaria*

Cuando el estudiante llega a cursos superiores normalmente ya está diagnosticado y en tratamiento. Por eso cuando se llega a esta edad lo que se busca es que el docente muestre su apoyo al alumno, animándolo y motivándolo a continuar los estudios y ayudándole en todo lo posible. Por ejemplo, en estos cursos es normal que se busque que el alumno tome apuntes, para los niños con dislexia sería de gran utilidad que el docente les proporcionará el texto ya escrito, por qué en ocasiones se pierden siendo incapaces de completar sus apuntes y sin ayuda de estos no podrán estudiar. Además, sería conveniente situarlos en un sitio sin distracciones y en primera fila, para mejorar su rendimiento. Con estos alumnos es muy útil la utilización de material audiovisual y lectura en voz alta por parte del docente (Copete-Andrade, 2020).

Es importante que el docente se asegure de que el alumno disléxico tiene claro lo que hay que hacer en cada actividad o examen. Se puede introducir el uso de TICs, como tabletas u ordenadores, que sería beneficioso para todo el alumnado, pero especialmente para el que tiene dislexia ya que les ayudaría a cometer menos faltas de ortografía. Además, se tiene que tener en cuenta que hay que ampliar el tiempo que se deja a esos alumnos para una tarea o examen. Si es necesario se pueden emplear en algunas ocasiones exámenes orales, pues para los alumnos en general les mejoraría la expresión oral de cara al futuro y en concreto a los alumnos con dislexia les ayudaría expresar los conocimientos que saben y les cuesta poner por escrito (Copete-Andrade, 2020).

Con los alumnos disléxicos funciona muy bien los mapas conceptuales y esquemas, además también se puede salir de los métodos convencionales y emplear gamificaciones y dinámicas didácticas para incentivar al alumno aprender y sustituir los exámenes por trabajos de investigación (Copete-Andrade, 2020).

#### *4.3.9 Intervención*

Se han empleado distintos modelos de rehabilitación para la dislexia según la época y el conocimiento dominante de este trastorno. Comenzamos en 1917 con Hinshelwood, su experiencia en este campo le permitió descubrir que, en casi todos los casos con un tratamiento adecuado y perseverancia, la dislexia se podía revertir. Para ello animaba a educar el centro cerebral correspondiente a la lectura en el lado opuesto del cerebro donde estaba el supuesto fallo. Además, recomendaba el uso de bloques con letras ya que mediante el manejo de estas herramientas descubrió que las impresiones visuales eran fortalecidas por asociaciones simultáneas con impresiones táctiles. Sin embargo, el oculista se centraba exclusivamente en la visión, suponía que la memoria auditiva estaba intacta (Miles y Miles, 2005).

El siguiente en proponer un tratamiento relevante para la dislexia fue Orton, aunque seguía en rasgos generales las enseñanzas de Hinshelwood. En los años 20, Orton se asoció con Bessie Stillman y Anna Gillingham, y comenzaron a tratar niños con dislexia, incluso publicó un artículo en la década de los 40 “Técnicas de entrenamiento para niños

con incapacidades específicas para la lectura, la ortografía y la escritura”. Las novedades fueron que además de los problemas visuales, se observaban confusiones e inversiones a la hora de escuchar las palabras. Las técnicas que recomendaban se basaban en asociaciones entre el aspecto de una letra o palabra, el sonido de la misma, con las sensaciones percibidas por la lengua al pronunciarla o por la mano al escribirla (Miles y Miles, 2005). También menciona que muchos niños disléxicos podrían leer mejor en un espejo que de manera normal debido a que fue uno de los primeros investigadores en llamar la atención sobre la inversión de letras o sílabas por parte de los disléxicos (Aristizabal y Leguizamon, n.d.).

Años después, el modelo que habían creado Gillingham y Stillman tenía una gran influencia. En los años 60 Maisie Holt, una psicóloga del Hospital St. Bartholomew lo empleó para tratar algunos pacientes y su trabajo fue posteriormente continuado y mejorado creando el método “Alpha to Omega”. A partir de entonces poco a poco, se fueron multiplicando los centros para disléxicos incluso en 1987 fue fundada la primera asociación europea de dislexia. En esta época se consideraba que los disléxicos necesitaban una educación especial por lo que eran apartados y segregados de la educación escolar clásica y derivados a centros para tratar dificultades específicas del aprendizaje (Gayan-Guardiola, 2001).

En los 70, unas terapeutas del habla estadounidenses, Hornsby y Shear, partieron de un punto distinto. Creían que se debía comenzar con el lenguaje hablado y a partir de ahí ellas introducían de manera premeditada una o dos palabras irregulares. Para procurar desde el comienzo definir una buena base oral a la hora de asociar palabras (Miles y Miles, 2005).

En 1976, esa misma década, se descubrió que los disléxicos pueden poseer un buen vocabulario, pero suelen ser lentos a la hora de nombrar objetos. Denckla y Rudel diseñaron una prueba de nombrar objetos, colores, números y letras de manera seriada a la que denominaron Rapid Automated Naming. Esta se ha convertido con el tiempo en una de las pruebas más utilizadas en Estados Unidos a la hora de medir la capacidad de nombrar objetos. Obviamente los resultados de esta prueba están altamente relacionados con el conocimiento fonológico y la habilidad de leer que no dejan de ser habilidades cognitivas diferentes. Sin embargo, este proyecto marcó un antes y un después ya que empezó a cobrar gran importancia el estudio de todas estas habilidades lingüísticas relacionadas con la lectura, con el objetivo de descubrir las causas etiológicas de la dislexia (Aristizabal y Leguizamon, n.d.).

El mismo año Álvarez y Bravo plantean un estudio empírico donde clasificaron diferentes niños disléxicos según la intensidad cuantitativa de sus dificultades y evaluaron la recuperación que tuvieron tras el tratamiento. Con esto establecieron una nueva clasificación de la dislexia teniendo en cuenta las diferentes respuestas que se dan frente a los tratamientos reeducativos, niños que presentan cierta facilidad y otros en los que el proceso se da de manera más tardía. Algunas de las estrategias que emplearon fueron clases de solo lectura, clases de psicomotricidad, medición del coeficiente intelectual, una prueba de dislexia de Olea y una entrevista clínica de ingreso. Pudieron concluir que hay una correlación entre la intensidad de la dislexia y la edad de los niños, cuanto menor el niño, mayor el grado de dislexia (Alvarez y Bravo, 1976). Sin embargo, este no fue el único estudio que hicieron, en uno posterior vieron que algunos de los motivos que incidía en la rehabilitación eran los factores psicológicos, la perseverancia en el tratamiento, el

grado de severidad de la dislexia y pruebas verbales experimentales, esto último remarca la importancia de la función verbal en el aprendizaje lector y en la dislexia (Aristizabal y Leguizamon, n.d.).

Los 80 tuvieron una gran explosión de tratamientos, los más llamativos podemos decir que fueron el sistema de enseñanza Bangor para la dislexia, de E. Miles y el proyecto Kingston para problemas de aprendizaje. Ambos basados en el método de Gillingham y Stillman (Miles y Miles, 2005).

En 1982 surge el modelo interactivo de Adams que se centra en el reconocimiento y decodificación de las palabras en la fluidez y/o comprensión lectora. En este modelo la comprensión del texto está dirigida de manera simultánea por los datos explícitos y por el conocimiento que posee lector de manera preexistente. Este modelo es el predominante en la ciencia cognitiva de los últimos años. En el se plantea que la comprensión de un texto necesita la construcción de una representación coherente del mismo por la activación y verificación de esquemas relevantes para el texto a diferentes niveles de abstracción. Todo esto permitirá a la persona que lea comprender la información explícita, generar expectativas, comprender inferencias, seleccionar la información e integrar el texto. La investigación de este campo se ha focalizado en las estrategias que usan los lectores en la búsqueda del significado que pueden ser de dos tipos dirigidas por el texto y dirigidas por el conocimiento (Alonso y Mateos, 1985).

En la tabla 3 y 4 se encuentran resumidas las diferentes aportaciones de intervención por fecha, autor, tipo de aportación y base científica de la intervención.

Tabla 3

*Tabla esquemática que muestra las diferentes aportaciones a la intervención de la dislexia que se han dado desde el origen del termino (1917) hasta la década de los 70 (Elaboración propia)*

<b>Fecha</b>	<b>1917</b>	<b>Década 20-40</b>	<b>Década 60</b>	<b>Década 70</b>
<b>Autores</b>	Hinshelwood	Orton, Gillingham y Stillman	Maisie Holt	Hornsby y Shear
<b>Aportación</b>	Creía que la dislexia se podía rehabilitar	Confusiones inversiones a la hora de escuchar las palabras	Método “Alpha to Omega”	Comenzar con el lenguaje hablado
<b>Base científica</b>	Abogaba por estimular la parte opuesta del cerebro y centrarse en la visión	Artículo propio	Método de Gillingham y Stillman	Crear una buena base oral desde el comienzo

Tabla 4

*Tabla esquemática que muestra las diferentes aportaciones a la intervención de la dislexia que se han dado desde el origen del término (1917) hasta la década de los 70 (Elaboración propia).*

<b>Fecha</b>	<b>1976</b>		<b>Década 80</b>		<b>Década 90</b>
<b>Autores</b>	Denckla Rudel	y	Álvarez y Bravo	E. Miles (entre otros)	Adams
<b>Aportación</b>	Rapid Automatized Naming		Clasificación basada en la respuesta a la intervención	Sistema de enseñanza Bangor, y el proyecto Kingston	Modelo interactivo de Adams (1982)
<b>Base científica</b>	Estudio de habilidades lingüísticas relacionadas con la lectura	de	Diferentes estudios propios	Método de Gillingham y Stillman	Comprensión del texto está fuertemente influenciada por el conocimiento preexistente del lector.

Tras este recorrido histórico por las distintas intervenciones de la dislexia podemos ver como los métodos fonológicos de intervención, donde se combina el entrenamiento en habilidades fonológicas con el conocimiento de las letras y la práctica de la lectura, están ampliamente respaldados en la investigación, incluso en la actualidad. Los tratamientos propuestos para la dislexia deberían tener una explicación teórica de las causas o factores implicados en este trastorno, y deberían explicar, el modo en el que la intervención consigue las mejoras que tiene como objetivo. Además de tener una comprobación lo más rigurosa posible de su eficacia (Ripoll-Salceda y Aguado-Alonso, 2016).

En la actualidad hay diversas maneras de tratar este trastorno, métodos psicológicos, que deben ser aplicados por profesionales y ayudan a aliviar, mejorar e incluso revertir la dislexia o programas conductuales que, si se aplican convenientemente y con el transcurso del tiempo han demostrado una mejoría significativa de las capacidades lectoras. Estas mejorías normalmente se reflejan en un cambio cerebral donde se normaliza el patrón de lectura. Por lo que podemos decir que la mayoría de las ocasiones la dislexia es reversible (Mora, 2020).

Buscando información sobre diferentes rehabilitaciones para la dislexia hemos encontrado muchas que, aunque se aplican en algunas circunstancias, no tienen una eficacia demostrada. Ejemplos de esto último serían el entrenamiento auditivo con soporte informático, la terapia visual, lentes tintadas y programa Frostig. Por desgracia en muchos casos se ofertan y combinan distintas intervenciones para la dislexia que ofrecen explicaciones contradictorias sobre los mecanismos de este problema (Ripoll-Salceda y Aguado-Alonso, 2016). Los tratamientos no deben incentivar una sola vía, como en el caso de la escuela tradicional donde prima la repetición y el reforzamiento, esto disminuye la potencialidad del cerebro para el aprendizaje (Marina y Pellicer, 2015).

Se busca que el aprendizaje sea multisensorial, ya que posibilita que se estimulen las conexiones cerebrales y se fortalezca la memoria tanto muscular, auditiva, táctil... (Barba Tellez, Suárez Monzón, Jomarrón Moreira, y Navas Bonilla, 2019)

#### *4.3.9.1 Intervenciones fonológicas*

Son en la actualidad el sistema de rehabilitación de la dislexia por excelencia. Se trata de un conjunto heterogéneo de prácticas basadas en métodos de enseñanza de lectura y en aportes de la psicolingüística, especialmente del descubrimiento de la relación entre la dislexia y las habilidades fonológicas. Estos tratamientos pueden considerarse formas de intervención procedentes de la definición de dislexia. Se basan en el hecho de que la dislexia tiene un origen neurobiológico y posee dificultades en el reconocimiento preciso y fluido de los caracteres. Debido a que estas dificultades están en un déficit en el componente fonológico una intervención en este aspecto puede resultar en una mejoría. Se ha podido observar como este tipo de intervenciones resultan eficaces para el alumnado con dificultades en el aprendizaje de la lectura. También se ha visto que son más efectivas de manera individual y/o con trabajo en pequeños grupos especialmente de tipo cooperativo (Ripoll-Salceda y Aguado-Alonso, 2016; Slavin, Lake, Davis, y Madden, 2011; Etchepareborda Simonini, 2002).

#### 4.4 Neuroeducación

Podemos describir la neuroeducación como una disciplina académica joven (Howard-Jones et al., 2016). Sin embargo, la idea no es tan novedosa. Hace ya varias décadas que se empezó hablar de introducir las neurociencias en el mundo docente. En 1985 Fuller y Glendening, del Instituto de neuropsicología Mindwest, plantearon la figura del neuroeducador, un profesional del futuro que debería aplicar los conocimientos de las neurociencias acerca del funcionamiento del cerebro humano con el objetivo de mejorar la enseñanza y aprendizaje (Carballo, 2019). La neuroeducación engloba la psicología que es el estudio de los procesos de adaptación y cambio, la pedagogía que busca estudiar la metodología y las técnicas que se aplican a la educación y la neurociencia que es el estudio del sistema nervioso (Valdivieso-Guardia, 2017). Fue a partir de los 2000 cuando se incrementaron los estudios y publicaciones sobre esta nueva disciplina. En el 2005 nació el centro para las neurociencias de la educación de la Universidad de Cambridge y en el 2002 Harvard creó el primer Master de neuroeducación (Carballo, 2019).

Los resultados de los últimos artículos parecen sugerir que esta nueva tendencia, la neuroeducación, puede dar más que intuiciones y puede proponer soluciones prácticas basadas en resultados empíricos. La neuroeducación se debe entender como una forma de saber más sobre lo que sucede en el cerebro como se aprende, como se procesa, conserva, registra y evoca la información para poder extrapolarlo al aula (Fernández Domínguez, 2021). Para ello es imprescindible que sigan construyendo colaboraciones conceptuales y metodológicas entre distintas disciplinas que permitan disminuir la brecha que existe entre la investigación, la formación de los educadores y la práctica profesional (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).

La neuroeducación guarda una gran relación con la neurociencia, aunque no todo lo relativo a la neurociencia tiene aplicabilidad en la educación. Por eso hay que discriminar aquello que es significativo y realista para aplicar de manera práctica y que son simplemente opiniones sin fundamento alguno. La neuroeducación está considerada aún

en construcción, se encarga de la optimización del proceso de aprendizaje-enseñanza basándose en el desarrollo cerebral. Por ello la neuroeducación aprovecha las diferentes imágenes cerebrales con el objetivo de optimizar las técnicas de enseñanza y adaptarlas al cerebro de cada estudiante. Esta disciplina también pretende emplear los conocimientos extraídos de las imágenes neuronales y/o cerebrales y ponerlos en práctica en la educación (Fernández Domínguez, 2021; Hernández Fernández y De Barros, 2015).

En la actualidad el prefijo neuro- ha ganado una increíble popularidad, a esta moda se ha sumado la neuroeducación (Ortiz, 2018). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico señaló (OCDE, 2009):

El aprendizaje basado en el cerebro no es una panacea que resolverá todos los problemas de la educación. No obstante, las investigaciones dirigidas a la comprensión del aprendizaje y desarrolladas desde esta perspectiva pueden indicar ciertas direcciones a los especialistas, a los decisores políticos y a los prácticos de la educación que desearían disponer de una enseñanza y un aprendizaje mejor fundados. Dichas investigaciones ofrecerán, además, mejores oportunidades a niños, jóvenes y adultos que padecen dificultades de aprendizaje. (OCDE, 2009)

Por esto diversos países (Alemania, Japón, Países bajos, Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, España...) han puesto en marcha varias iniciativas con el objetivo de aproximar el mundo de la neurociencia y el mundo de la educación. En primer lugar, la pregunta que debemos hacernos es ¿Que puede aportar la neurociencia a la educación? Se sabe que una adecuada estimulación ambiental es imprescindible para un buen aprendizaje escolar y un desarrollo cerebral integral. La neurociencia no solo aporta trabajos que ayudan a la comprensión del cerebro, tanto del niño como del adolescente, sino que ayuda a desarrollar programas que pueden contribuir a mejorar el aprendizaje escolar. En la actualidad existen trabajos que están permitiendo entender las bases neuronales de trastornos tan complejos como la dislexia (Ortiz, 2018; Ylinen y Kujala, 2015).

Aunar los conocimientos del cerebro y la educación es un arduo trabajo debido a la complejidad de ambas disciplinas. La neuroeducación se vuelve especialmente útil en el caso de niños con alteraciones en los procesos de aprendizaje, ya que determinados descubrimientos en esta disciplina pueden mejorar el sistema de enseñanza de estos alumnos. Podemos diseñar programas específicos de enseñanza, que estén adaptados al currículo escolar con ayuda de la neurociencia, entendiendo el proceso de aprendizaje y por qué determinados entornos educativos funcionan mejor que otros (Ortiz, 2018). Podemos asegurar que cada cerebro es único e irreplicable, por ello la neurociencia nos



muestra cuál es el recorrido que debe seguir la pedagogía de hoy en día (Fernández Domínguez, 2021). En la actualidad es cierto que la neuroeducación alberga quizás más preguntas que respuestas pues neuro- es un enorme campo con unos límites muy profundos (Mora, 2013).

Lo que sí debemos tener claro es la neuroeducación es un intento colaborativo de construir metodologías y puentes teóricos entre la neurociencia cognitiva, la cognición de la psicología activa y la práctica educativa sin pretender imponer ninguna jerarquía de conocimiento. Los educadores pueden beneficiarse de una mejor comprensión científica sobre los procesos involucrados en el aprendizaje. Y sobre todo en ningún momento se afirma que la neuroeducación por sí sola mejore la educación o que la educación en general debe evaluarse utilizando técnicas de imágenes cerebrales (Howard-Jones et al., 2016).

La neuroeducación busca reforzar el medio social, la familia y la propia cultura ya que los considera determinantes de la capacidad de aprender de los niños. Reconoce que hay una gran variabilidad en sus capacidades durante el aprendizaje y que en parte esto se debe no solo a la genética sino también a los cambios que se producen en el medio ambiente del alumno. Pero la neuroeducación no busca solo una enseñanza que ayude a potenciar a incrementar las habilidades y talentos de los alumnos, sino también está enfocada a detectar déficits en los niños que incapacitan o reducen sus capacidades para leer, escribir, hacer números o aprender una determinada materia (Mora, 2013).

## 5. Metodología

Esta revisión crítica se ha realizado durante el año 2021 desde marzo hasta junio. Para realizarla se han empleado publicaciones de diversos años, desde 1976 hasta este mismo año 2021, haciendo hincapié en las más recientes ya que casi un 50% de los documentos empleados son de hace menos de 10 años. Los idiomas de la búsqueda han sido el inglés y el español, varias de las palabras claves empleadas se han buscado en los dos idiomas.

La metodología que vamos a emplear para la realización de esta revisión crítica es el estudio teórico, bajo esta categoría se incluye todo el trabajo en el que no se aportan datos empíricos originales, se trata de trabajos de revisión (Montero y León, 2002). Haremos una revisión bibliográfica y documental que es uno de los principales pilares en los que está sustentada la investigación educativa. Se tratará por tanto de un diseño no experimental o exposfacto, presentaremos una extensa revisión bibliográfica con el objetivo de describir el objeto de estudio y de responderá las preguntas de la investigación (Rodríguez-Gómez y Valldeoriola-Roquet, 2009).

Nuestro trabajo tendrá un enfoque cuantitativo, ya que veremos los porcentajes de palabras clave empleadas en la revisión, y debido al carácter fundamentalmente descriptivo del que partimos mediante una investigación básica que pretende buscar la relación o comparación entre la neurociencia y la dislexia. En esta perspectiva la generación de conocimiento sigue un proceso hipotético-deductivo, revisaremos la bibliografía y proponemos la hipótesis de que la neurociencia puede aportar mucho a la dislexia, probaremos nuestra hipótesis mediante la revisión bibliográfica (Rodríguez-Gómez y Valldeoriola-Roquet, 2009).

Para la búsqueda bibliográfica se emplearon seis bases de datos, donde se introdujeron las palabras clave y se cruzaron entre ellas con los siguientes booleanos: y, o, -. Para una primera selección, se tuvo en cuenta el título y el resumen de los documentos, para ver si coincidía con lo que estábamos buscando. Después, tras leer el documento, se realizó la criba final. Cruzar las palabras clave fue fundamental para obtener documentos que nos sirvieran de nexo de unión entre las distintas partes del trabajo. Para organizar los documentos obtenidos, se empleó un gestor bibliográfico, y para analizar el tipo de documento, el año y las palabras clave empleadas se utilizó Excel. Más de un 25 % de los documentos empleados en esta revisión crítica contenían la palabra dislexia o trataban de ella, la siguiente palabra clave más empleada fue neuroeducación/neurociencia cognitiva con un 25 % de todos los documentos empleados. Con estos dos temas se cubre la mitad del trabajo, el 50 % restante está compuesto en menor medida, por algunas asociaciones de palabras como Brain-Reading, cerebro-dislexia e intervención-tratamiento dislexia, un 17% en total. No se ha estipulado un número mínimo de documentos por contenido, sino que se han buscado información hasta que está resultado, llegado a cierto punto, repetitiva.

### 5.1 Recolección de datos

Se realizó una búsqueda de información en las principales bases de datos bibliográficas disponibles en Internet para nuestro ámbito, con el objetivo de encontrar material bibliográfico suficiente para redactarla. Las bases de datos empleadas fueron:



- Dialnet: esta base de datos es un proyecto de cooperación bibliotecaria que se inició en la Universidad de La Rioja. Es un portal que busca recopilar y proporcionar acceso fundamentalmente a documentos que han sido publicados en España en cualquier idioma, en español en cualquier país o que traten sobre temas hispánicos. Los contenidos son múltiples tiene desde artículos, capítulos, tesis hasta libros, todo de manera gratuita (Dialnet, 2021).

- Google académico: Se trata de un buscador diferente de Google, un buscador secundario donde podemos encontrar documentos y publicaciones de ámbito científico o educativo. Este buscador tiene todas las herramientas necesarias para organizar los resultados obtenidos y guardar los artículos que se deseen. Tiene algoritmos de búsqueda diferentes de los del propio Google y por ello la mayoría de los resultados son editoriales, bibliotecas, repositorios o bases de datos bibliográficas (Google, 2021).

- PubMed: posee más de 32 millones de citas de literatura biomédica de MEDLINE, revistas de ciencias biológicas y libros en línea. Las citas pueden incluir enlaces a contenido de texto completo de PubMed Central y sitios web de editores (PubMed, 2021).

- Catálogo de la red de bibliotecas de Aragón: Este catálogo tiene integrado el de la biblioteca pública de Zaragoza. Su acceso permite conocer el contenido de la colección, su disponibilidad y ubicación. Además, se pueden hacer reservas desde la aplicación y recogerlas en la biblioteca. Es casi exclusivamente de libros y permite retenerlos un máximo de 21 días. Para poder acceder a estos documentos es necesario tener un carnet de socio de la biblioteca de Zaragoza (Bibliotecas públicas, 2021).

- eBiblio Aragón: Se trata de una plataforma tecnológica que permite acceder al catálogo y realizar el préstamo de libros de manera digital, con el objetivo de poder leerlo en diferentes dispositivos, serían tabletas, teléfonos, ordenadores o ebooks. Para poder utilizar esta plataforma también es necesario ser socio de la red de bibliotecas como en la anterior. Esta plataforma ofrece libros diferentes de los que se pueden encontrar en el catálogo de la red de bibliotecas de Aragón y son exclusivos online. También funciona como préstamo y se tiene 21 días para consultar el libro (ebiblio Aragon, 2021).

- e-libro: Esta base de datos es la mayor plataforma de libros electrónicos en español, aunque también dispone de varios en inglés. Posee todas las disciplinas académicas y ofrece acceso a artículos de revistas y tesis doctorales. Tiene más de 80.000 títulos provenientes de más de 600 editoriales y prensas universitarias de reconocimiento mundial, actualizándose mensualmente con más de 1.000 títulos. Para poder acceder a esta base de datos es necesario conectarse a través de la cuenta de la Universidad San Jorge que posee un convenio con ella (e-Libro, 2021).

Debido a la necesidad de organizar la información, una fase de gran importancia en todo proyecto de recopilación, procedimos a emplear un gestor bibliográfico, en nuestro caso se usó Mendeley. El motivo fue que ya estábamos previamente familiarizados con este gestor y que nos permitía una buena combinación con el Word. Esta organización también se podía realizar mediante carpetas hojas de cálculo desarrolladas por nosotros mismos de manera manual, sin embargo, consideramos este proceso lento y deficiente por lo que acudimos a un programa especial. Las principales ventajas de los gestores bibliográficos son en su mayoría que son eficientes, de uso libre y nos permiten organizar fácilmente la información por título, autor y revista.

Al inicio de nuestra investigación empleamos principalmente libros, con el objetivo de adquirir una base sólida antes de comenzar con los artículos más actuales y las últimas teorías publicadas en revistas. En ellos, se daba una visión completa del estado del arte de nuestro objeto de investigación, además se priorizaron aquellos cuyos autores eran

frecuentemente los mismos que los de los últimos artículos de investigación. El formato principal de casi todos los documentos de investigación fue el electrónico. En la figura 8 podemos ver como la mayor parte de los documentos consultados fueron artículos, tanto científicos (paper) como de revistas neurológicas, psicológicas y educativas el porcentaje asciende a casi el 75%. En segundo lugar, tenemos libros y por último tesis tanto doctorales como algunos TFMs y TFGs.

### TIPO DE DOCUMENTO CONSULTADO

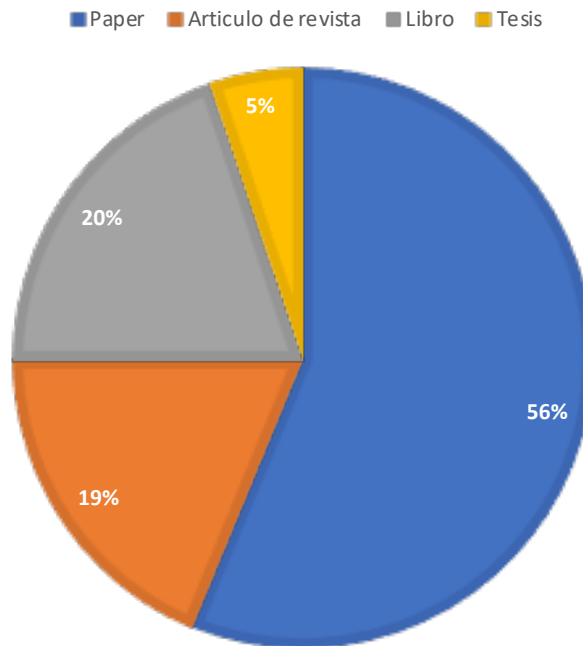


Figura 8. Muestra el porcentaje de cada tipo de documento empleado en la redacción de este trabajo (Elaboración propia).

#### 5.2 Palabras clave empleadas

Debido a la variedad de temas que se abarcan en esta revisión crítica se emplearon las siguientes palabras clave. Se consideró criterio de exclusión que estas no aparecieran en el título o al menos estuvieran contenidas de manera considerable en el texto:

- Dislexia
- Dyslexia
- Neuroeducación
- Neuroeducation
- Neurociencia Cognitiva
- Cognitive neuroscience
- Educational neuroscience
- Lectoescritura
- Tratamiento dislexia
- Educación
- Brain-reading
- Cerebro-dislexia
- Brain-dyslexia

Tabla 5

Tabla con los resultados obtenidos en las principales bases de datos bibliográficas según las palabras clave empleadas (Elaboración propia).

<b>Palabras clave empleadas</b>	<b>Resultados en Dialnet</b>	<b>Resultados en Google académico</b>
<b>Dislexia</b>	662	38.600
<b>Dyslexia</b>	384	313.000
<b>Neuroeducación</b>	239	5.310
<b>Neuroeducation</b>	80	3.780
<b>Neurociencia Cognitiva</b>	763	39.800
<b>Cognitive neuroscience</b>	547	1.650.000
<b>Educational neuroscience</b>	184	631.000
<b>Lectoescritura</b>	823	57.700
<b>Tratamiento dislexia</b>	79	3.700
<b>Educación</b>	330.146	3.960.000
<b>Brain-reading</b>	34.770	4.990
<b>Cerebro-dislexia</b>	25	17.900
<b>Brain-dyslexia</b>	11.078	134

En la tabla 5 se pueden ver los resultados de búsqueda en los dos buscadores principales. Podemos observar como normalmente en Google académico obtenemos muchos mas resultados. Pero debemos tener en cuenta que Dialnet suele tener unos resultados mas específicos y menos repetidos. Debido a la naturaleza de la base de datos Dialnet algunos términos como Brain-reading y Brain-dyslexia tienen más resultados que en otras bases de datos.

Como se puede ver en la figura 9, los documentos mayoritarios tenían en su título la palabra la dislexia y/o neuroeducación tanto en inglés como español, con un porcentaje total entre los dos términos superior al 60%. Esto puede explicarse dado que son los temas principales de este trabajo. También podemos observar cómo en inglés se obtienen un número ligeramente superior de resultados que en español, esto es porque el inglés es el idioma principal de la ciencia. De los temas secundarios, los más importantes fueron intervención-dislexia y brain-reading los nexos de esta revisión crítica.

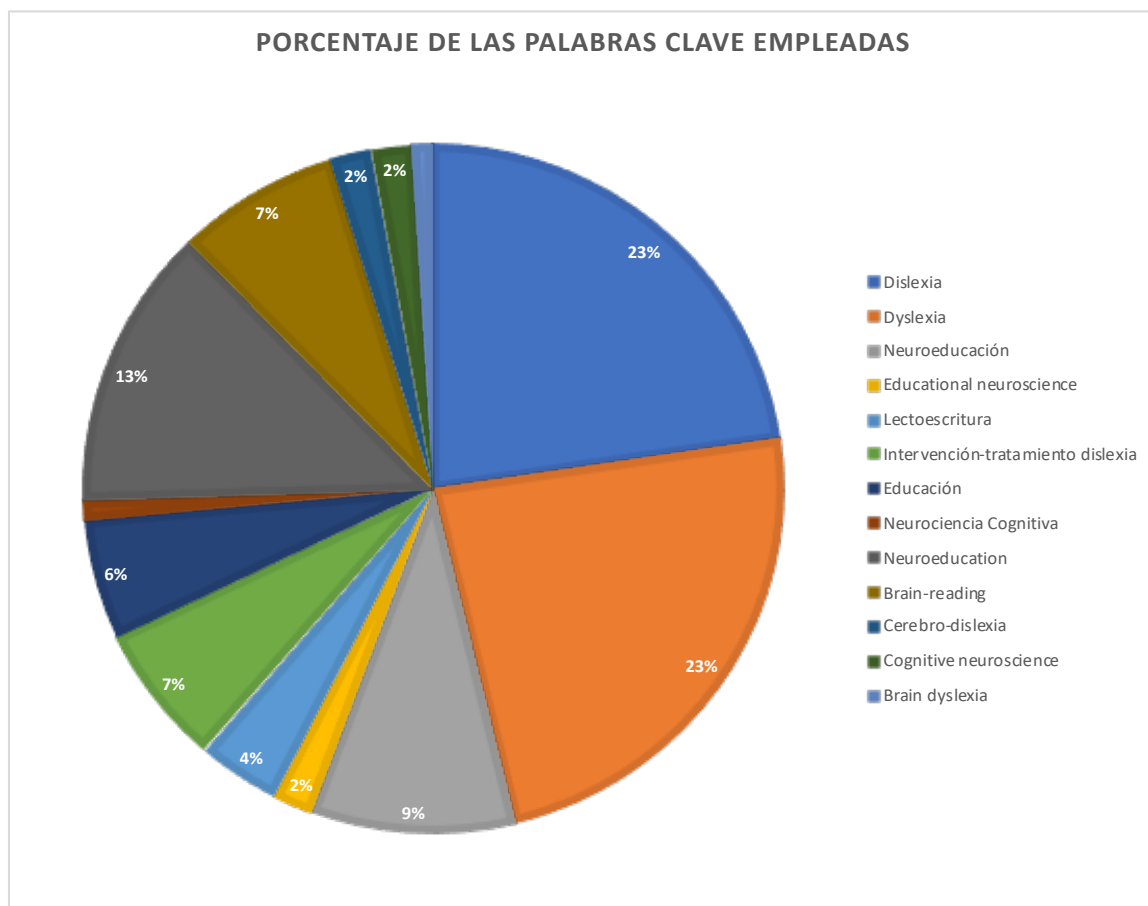


Figura 9. Muestra el porcentaje de documentos empleados en esta revisión crítica que contenían cada una de las palabras clave empleadas (Elaboración propia).

### 5.3 Criterios de inclusión y exclusión

En la figura 10 podemos ver el proceso que se ha seguido a la hora de realizar la revisión crítica. Primero se realizó la búsqueda bibliográfica mediante las diferentes bases de datos mencionadas, con los boleanos y palabras claves seleccionadas, no se seleccionaron artículos que no aparecieran en las búsquedas con estas palabras clave. Hubo dos momentos principales de exclusión, el primero tras leer el título y el resumen, que ahí vimos que no tenían que ver con nuestra búsqueda a pesar de que el buscador nos seleccionó el documento como relevante. El siguiente momento de exclusión fue tras leer el documento y ver que, a pesar de tener un título relacionado con nuestro trabajo o un resumen prometedor no podíamos extraer información valiosa de él. Por último, seleccionamos los documentos relevantes y extrajimos la información necesaria de ellos.

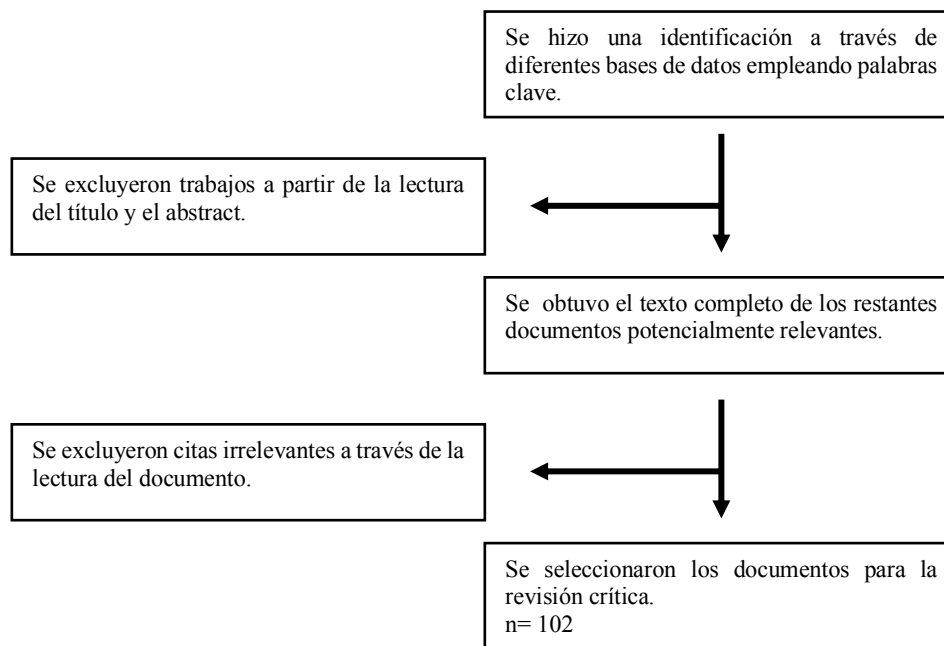


Figura 10. Proceso de recopilación y selección de los documentos finales para la revisión crítica (Elaboración propia).

De las referencias obtenidas, nos limitamos a aceptar aquellas que nos proporcionaban nueva información acerca de los dos temas principales de esta revisión crítica, la dislexia y la neuroeducación. Se excluyeron todos aquellos artículos que no proporcionaban una información relevante, que la información que proporcionaban no parecía fiable o que proporcionaba la información que ya teníamos. Conforme se fue avanzando en el trabajo cada vez será más difícil encontrar nueva y relevante información. Solo seleccionamos documentos que contuvieran en su título o al menos de manera importante en el texto las palabras claves de nuestro trabajo. Otro de los criterios de selección fue la fecha, buscamos que la información fuera lo más reciente posible en el caso de la neuroeducación y la dislexia, no siendo tan importante en el caso de la evolución de la lectoescritura y de la evolución en la investigación de la dislexia, pues son estudios que llevan muchísimos años realizados. Aproximadamente el 50% de todas las citas de este trabajo bibliográfico son de hace menos de 10 años, y el 27% de hace menos de cinco como se ve en la figura 11. Con esto queremos resaltar el hecho de que se trata de un trabajo realizado en base a los últimos documentos publicados sobre el tema en cuestión.

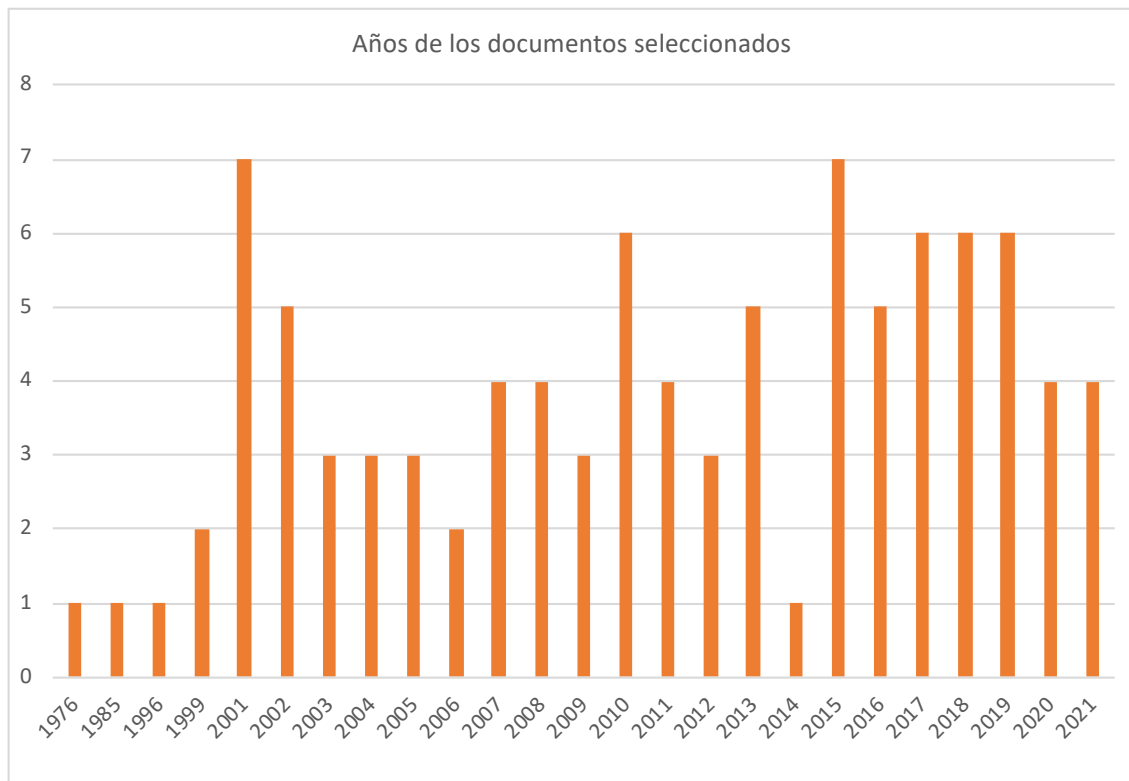


Figura 11. En esta gráfica de barras se muestra por años el número de artículos consultados para la realización de esta revisión crítica (Elaboración propia).

## 6. Resultados

### 6.1 Neuroeducación y dislexia

En la actualidad la neurociencia puede cambiar de manera radical la forma en que conceptualizamos la dislexia. Una vez identificada la base neurobiológica de la dislexia, y confirmado que puede rehabilitarse, se deben diseñar intervenciones dirigidas a ello. Recientemente se han identificado cuáles son las características cerebrales atípicas que se dan en los déficits de procesamiento de sonidos. Esto ha permitido que se desarrollen intervenciones dirigidas con el objetivo de mitigar su efecto (OCDE, 2009). Además, estudios de este tipo de intervenciones, han revelado un hecho sorprendente, la adaptabilidad y plasticidad de los circuitos neuronales. Se observado como el tratamiento dirigido permite a individuos jóvenes desarrollar circuitos neuronales en el sistema cerebral del hemisferio izquierdo posterior, con suficiente estructura para leer con precisión y fluidez (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005). Además, también es posible que el cerebro disléxico construya circuitos alternativos, que compensen lo suficiente como para permitir una lectura precisa, aunque lenta (Shaywitz y Shaywitz, 2020). Dicho de otro modo, la dislexia puede entenderse más bien como una ruta alternativa de desarrollo que como una discapacidad insuperable del aprendizaje (OCDE, 2009).

Antes de la aparición de las técnicas de neuroimagen, tan solo se podía estudiar a los niños con problemas en el desarrollo de la lectura mediante su comportamiento observable. La manera en la que sus comportamientos estaban reflejados en las estructuras cerebrales tan solo podía suponerse. Desde hace mucho tiempo fue evidente que la lectura ocurría en el cerebro, por lo que desentrañar como lo hacía era un paso crítico para poder mejorar las estrategias y técnicas de intervención educativa y prevenir el desarrollo de problemas en la lectura. Sin embargo, no hay que olvidar que ningún estudio neurobiológico puede considerarse completo sino una revisión de las evidencias del comportamiento de los problemas lectores (López-Escribano, 2007).

También es importante tener en cuenta, que las neuroimágenes, aunque han encontrado diferencias entre cerebros disléxicos y no disléxicos, no han podido encontrar marcadores específicos de ciertas regiones del cerebro que siempre sean diferentes en los disléxicos frente a los cerebros usuales. Por ejemplo, en general en los cerebros con este trastorno hay una ausencia de activación en el área de la caja de letras del cerebro, esto se ha podido identificar en torno al 60-50 % de los estudios. Dicho de otra manera, esto quiere decir que no en todos los disléxicos no se activa el área de la caja de letras. Por otro lado, y debido mayormente al tema de la financiación, la mayoría de estudios de resonancia magnética funcional tiene muestras demasiado pequeñas para poder extraer resultados estadísticamente fiables (Protopapas y Parrila, 2018). Con esto solo queremos indicar, que como cualquier otra área, las neuroimágenes todavía necesitan más investigación y presupuesto para poder ver su máximo potencial. Por otro lado, como hemos dicho en numerosas ocasiones a lo largo de su trabajo, la dislexia no se caracteriza por una presencia o ausencia, sino que es un conglomerado de síntomas con mayor o menor incidencia, e incluso se llega a decir que cada tipo de dislexia es única. Por lo que buscar unos determinados patrones neuronales que definan a todas las dislexias posibles, es, por definición, imposible.



### 6.1.1 Plasticidad neuronal

Durante muchos años hemos asumido que el cerebro era una estructura rígida, sin capacidad de adaptación o modificación. Desde esta perspectiva no tenía sentido llevar a cabo estimulaciones externas de manera ambiental para modificarlo. Hoy día tenemos la certeza de que esto no es verdad, sabemos que el cerebro de cualquier edad es permeable, maleable, dinámico y que posee una gran plasticidad cerebral. Además, también conocemos la neurogénesis, la capacidad que posee el cerebro de generar nuevas neuronas (Ortiz, 2018). Aunque es cierto que cuanto más avanzada es la edad menor es la plasticidad cerebral, esta sigue existiendo (Mora, 2013). Con todos estos nuevos conocimientos tiene mucho más sentido intentar actuaciones externas para modificar en lo posible nuestros circuitos cerebrales. En nuestros primeros años, el cerebro tiene una frenética actividad madurativa, está continuamente estableciendo conexiones sinápticas y aumentando sus estructuras. Sin embargo, hay varias de estas conexiones que son poco útiles. Para aquellas neuronas que son poco eficientes y que no van a ser empleadas, se hace una poda neurológica, se eliminan y cortan las conexiones. Esta poda neurológica será muy útil para aumentar la capacidad de recepción de los neurotransmisores que si vayan a tener una utilidad (Ortiz, 2018).

La plasticidad cerebral, el cambio del cerebro tanto de manera anatómica como fisiológica, se manifiesta en un aumento de las dendritas o en una disminución de estas, dependiendo de las características del individuo y del medio físico y o social que le rodea. Sin embargo, estos cambios plásticos en las neuronas no se producen de una forma homogénea en el cerebro, sino que son claramente dependientes de los estímulos que los promueven y por lo tanto se centran en aquellas áreas específicas que procesan dichos estímulos. La plasticidad se manifiesta física y anatómicamente con un aumento del volumen, hecho que está muy estudiado en el cerebro humano mediante técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética funcional. Ese aumento de volumen se da en el área en la que se está realizando el aprendizaje, y se deben, en parte al desarrollo de los árboles dendríticos y de nuevas sinapsis de las neuronas (Mora, 2020).

Lo positivo de la plasticidad del cerebro en cuanto a la lectoescritura, es que a pesar de que hay diferentes “ventanas temporales” para la adquisición de ciertas capacidades, por ejemplo hablar, no existe una ventana plástica para aprender a leer. Se puede aprender a partir de cierta edad, cinco-seis años, y de ahí a lo largo de toda la vida. El hecho de que no exista esta ventana para aprender a leer se debe a que, como hemos dicho anteriormente, la lectura es un fenómeno cultural y no biológicamente programado, a pesar de que aproveche estructuras neuronales ya desarrolladas. En si mismo, el hecho de aprender a leer puede ser considerado un ejemplo excepcional de las propiedades plásticas del cerebro, ya que utiliza áreas predispuestas para otras funciones como la visión (Mora, 2020).

Esta plasticidad y disposición al cambio como resultado de la experiencia se ha podido ver en estudios de neuroimagen en niños y adultos con dislexia (Hoeft et al., 2011). Los cambios cerebrales que ocurren como resultado de la intervención se han medido principalmente con neuroimágenes (Gaab, Gabrieli, Deutsch, Tallal, y Temple, 2007), para evaluar los cambios en los patrones de activación neuronal antes y después de la remediación, y también con medidas estructurales para evaluar cómo cambia la materia gris y blanca (Krafnick, Flowers, Napoliello, y Eden, 2011). Los estudios de intervención para personas con dislexia normalmente llevan a una plasticidad cerebral que se puede

describir como normalización, aportan una estructura funcional y patrones más cercanos a los que se vería lectores típicos, o una compensación, se ven alterados los patrones funcionales o estructurales de lo que sería una red de lectura típica (D'mello y Gabrieli, 2018). Volvemos a incidir en que esta plasticidad no solo ocurre en los niños, también en los adultos con una mayor activación en la corteza temporoparietal izquierda que va acompañada de una mejoría del procesamiento fonológico después de una intervención de lectura (Eden et al., 2004).

Para poder leer, un niño tiene que llegar a desarrollar la percepción de que las palabras que escucha se pueden extraer de partículas elementales del habla, los fonemas, y que las letras de una palabra escrita representan estos sonidos. Este tipo de conciencia falta en gran medida en los niños disléxicos. En una gran cantidad de disléxicos, se da una contradicción, tienen un déficit en el análisis fonológico, pero sin embargo tienen intactas las habilidades cognitivas de orden superior. Por ello no pueden pasar a estas habilidades cognitivas de orden superior para acceder al significado de la palabra hasta que esta sea decodificada primero (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005).

Algunos lectores disléxicos llegan a ser bastante competentes en la lectura de un dominio finito de palabras que estén en su área de interés, como puede ser el trabajo. Pueden decodificar palabras en esta pequeña área aunque todavía mantendrán problemas a la hora de leer palabras desconocidas. Conforme el estudiante disléxico se hace mayor, puede tener mejores medidas a la hora del reconocimiento de palabras sin embargo, seguirá sufriendo el déficit fonológico lo que hará su lectura menos automática y más lenta. Esto se muestra en la figura 12 donde se ve que siempre hay una brecha. Por eso, para los niños con dislexia, el hecho de tener un tiempo extra es un requisito esencial a la hora de poder trabajar, esto les da tiempo para decodificar correctamente cada palabra (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005).

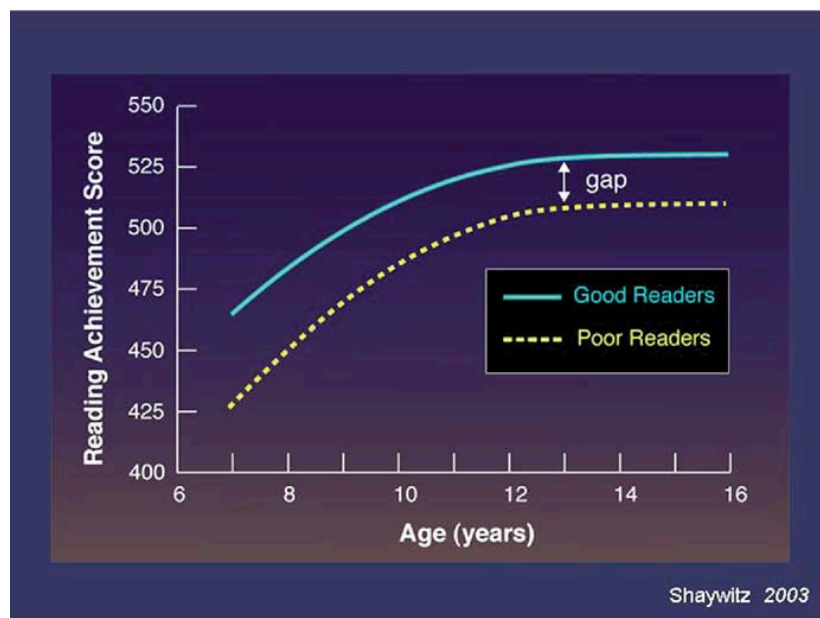


Figura 12. En esta imagen podemos ver la trayectoria a través de los años de una persona disléxica y una persona sin dificultad de lectura. En el eje vertical tenemos las puntuaciones de las pruebas de lectura y en el eje horizontal la edad en años de los pacientes. Se puede observar como en ambos casos con el tiempo mejora la puntuación de lectura. Sin embargo la brecha existente entre los lectores disléxicos y no disléxicos permanece intacta. Por esto podemos decir que la dislexia es un déficit y no un retraso en el desarrollo (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005).

### 6.1.2 Predicción de la dislexia

Se estima que hay un porcentaje representativo de niños que en primaria presentan dificultades en la lectura. A pesar de que estas dificultades son evidentes desde preescolar y durante el primer año de escolarización, se hace una identificación tardía, en cuarto o quinto de primaria. En este momento, un equipo interdisciplinario inicia una serie de intervenciones intensivas, pero llegan tarde. Éste fenómeno se ha denominado la paradoja de la dislexia. Cuando se identifica y se comienzan a tratar estas dificultades en la lectura y la escritura, el intervalo de mayor eficacia en el tratamiento, que está entre preescolar y el primer año de primaria, ya ha pasado (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).

Los estudios para evaluar el riesgo de dislexia han adoptado dos enfoques principales. Algunos estudios examinan la estructura y la función neuronal en niños y bebés con antecedentes de dislexia, y que por lo tanto se supone que tienen un mayor riesgo de desarrollar la, ya que es heredable. Estas imágenes sugieren que existen diferencias en el cerebro incluso antes del aprendizaje de la lectura (Sietske et al., 2017). Sin embargo, otros estudios examinan la correlación neuronal de comportamientos que se sabe que están altamente asociados con posteriores diagnósticos de dislexia, como por ejemplo la poca conciencia fonológica. Determinar estas correlaciones neuronales puede ser especialmente importante para la identificación temprana de alto riesgo de dislexia ya que actualmente este trastorno solo se diagnostica después del inicio del aprendizaje de la lectura (D'mello y Gabrieli, 2018).

Este intervalo de tiempo donde se tarda en identificar la dislexia, coincide con la maduración del fascículo longitudinal superior e inferior, este último también llamado fascículo arqueado, que son dos estructuras encargadas de la adquisición de la conciencia fonológica. Sin embargo, la neurociencia tiene una posible solución para este diagnóstico tardío, la neuroimagen. Algunos estudios de neuroimagen de resonancias magnéticas y tractografía han mostrado interesantes detalles de la maduración de las estructuras cerebrales del desarrollo de la lectoescritura. Se ha comparado la conectividad de estas dos estructuras en una población de niños con un desarrollo típico de la lectura y en uno con un desarrollo atípico. El estudio ha mostrado que la tractografía (figura 13) puede identificar qué niños están en riesgo de desarrollar problemas lectoescritores a los cinco años de edad. Por lo que permite detectar de manera temprana esta población vulnerable y nos posibilita comenzar la intervención y favorecer una inclusión escolar precoz (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).

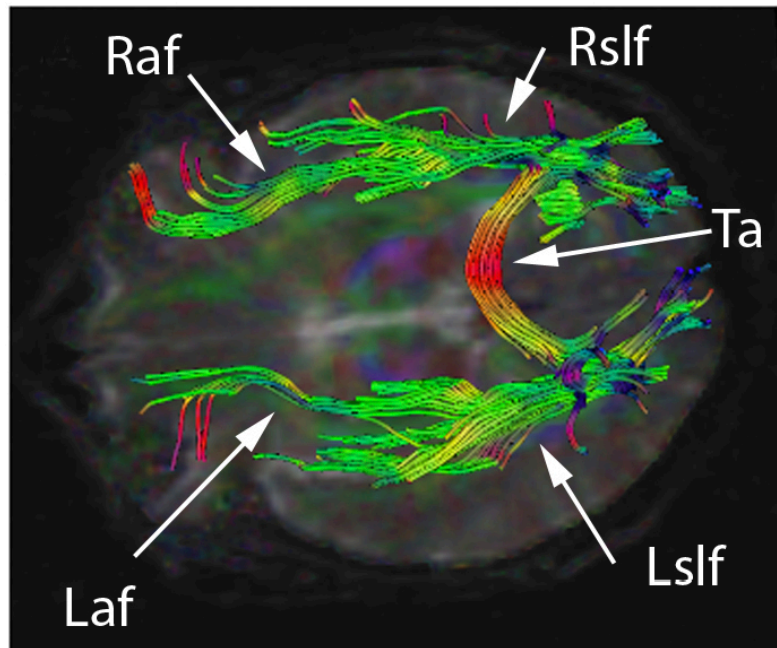
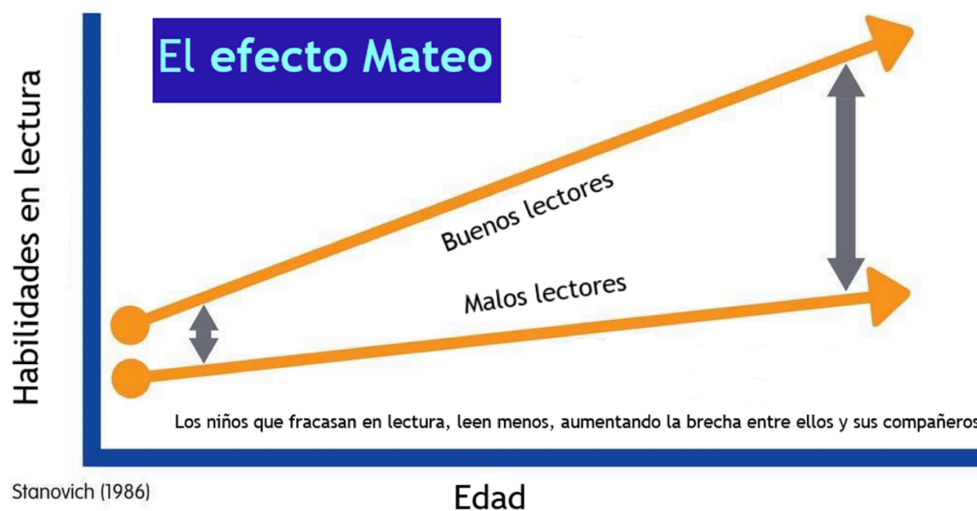


Figura 13. En esta imagen de tractografía se puede ver el fascículo arqueado o inferior derecho e izquierdo (Raf y Laf). Los fascículos longitudinales superiores derecho e izquierdo (Rslf y Lslf) y el tapetum del cuerpo calloso (Ta) (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).

Detectar de manera temprana este trastorno es realmente importante, ya que se sabe que los niños con dislexia no remiten espontáneamente ni se ponen al día en el desarrollo de las habilidades lectoras (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005). Si no se trata, puede presentarse el “efecto Mateo” que se muestra en la figura 14. Este efecto fue descrito por Stanovich, muestra que la brecha que comienza separando a los buenos y los malos lectores puede aumentarse, y de hecho tiende a hacerlo, gradualmente durante toda la vida. Cuanto más tiempo se tarde en identificar los problemas de lectura, menos efectivo será el tratamiento (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).



Stanovich (1986)  
Figura 14. Efecto Mateo, por el cual un niño, que tiene dificultades de lectura, comienza teniendo pequeña diferencia con sus compañeros y acaba con una mucho mayor debido a que cada vez lee menos porque le cuesta (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021).

### 6.1.3 Aprender a leer

Por otro lado, como hemos visto en el apartado de la plasticidad cerebral, no hay un momento concreto en el que se deba aprender a leer. Una vez que el cerebro ha alcanzado la madurez suficiente para ello, en torno a los cinco-seis años de edad, puede hacerlo durante toda la vida (Mora, 2020). En el currículum de infantil tan solo se habla de una aproximación a la lectoescritura, pero se considera que no es necesario que tengan esa habilidad al terminar esta etapa. Sin embargo, en primero de primaria ya comienzan con libros, lo que hace necesario que sepan leer y se les pide ejercicios, por lo que necesitan saber escribir. Esto no es así en todos los países, en Alemania o en Finlandia no se comienza a leer y a escribir hasta los siete años. Si la mayor parte de los cerebros de los alumnos no están preparados para aprender a leer en infantil ¿por qué se mantiene esta práctica? Hay una gran presión social para adelantar el aprendizaje de los alumnos, se considera que ello eleva el nivel educativo. Sin embargo, forzar este tipo de aprendizaje puede traer consecuencias negativas a largo plazo (Aunión, 2009).

En Europa, incluida España, hay una red llamada Edudec donde en sus colegios no hay clases regladas de lectura, se busca que cada niño tome sus propias decisiones y aprenda a leer y escribir solo y cuando él personalmente lo decida. El motivo de este cambio en la enseñanza de la lectoescritura es la influencia de la emoción. Esto se basa en la presunción de que la emoción está muy ligada al progreso de lectura por lo que emociones negativas hacia el podrían entorpecerlo. Liberando al niño de la imposición de aprender a leer en un momento concreto, se quiere eliminar las posibles emociones negativas asociadas a este proceso (Mora, 2020).

Que esté solo no implica que no tenga ayuda del profesor, sino que cuando exprese la voluntad de hacerlo se le ayudará y animará, pero nunca forzará. Se ha podido comprobar que hay niños que comienzan a leer desde los cuatro hasta los diez años, y además se sabe que no hay una única manera de enseñar a leer y escribir. La mayoría de los niños muestran un interés simultáneo por la escritura y la lectura, aprendiendo ambas tareas a la vez. En este tipo de escuelas también animan a que los alumnos estén con compañeros de diferentes edades de los que pueden aprender y a los que pueden preguntar, ya que entre similares se explican las cosas con más facilidad. Obviamente en este tipo de colegios hay instructores para que cuando un alumno lo necesite puede recibir la ayuda solicitada, pero la norma básica es que un niño nunca ha de ser persuadido de aprender a leer contra su voluntad (Mora, 2020).

A parte de eliminar la edad de comienzo de aprendizaje de la lectoescritura, la neuroeducación también nos ayuda, mediante una serie de prácticas educativas, a avanzar en el aprendizaje de la lectura. Podemos incluir programas de estimulación temprana, que se aplicarían en torno a los 18 meses, el momento en el que las dendritas están en aumento en el hemisferio izquierdo y el lenguaje expresivo comienza a surgir. Durante este periodo, es imprescindible conversar con los niños y leerles cuentos, a pesar de que tengan una capacidad expresiva baja. Es vital estimular el lenguaje ya que las áreas destinadas a la comprensión del mismo avanzan de manera más veloz que las áreas frontales encargadas de la producción del lenguaje. Además, diversos autores indican que en la enseñanza de las letras y las palabras es fundamental la creación de diversas conexiones entre ellos debido a las múltiples formas de las palabras se encuentran en áreas distintas del cerebro (Berninger y Richards, 2002).



En el caso de los alumnos que comienzan a leer, mantienen la forma visual de las palabras a corto plazo en la memoria fonológica, por lo que la enseñanza de técnicas de autorregulación en la lectura les dará una mayor maduración de los lóbulos frontales. Que todo esto esté regulado de la mano de un adulto, puede facilitar al lector pistas de cómo se lee, mediante instrucciones o consejos. Por otro lado, leer de manera repetitiva textos causará una automatización en el reconocimiento de las palabras y facilitará el proceso de lectura posterior (Santiuste Bermejo y López Escribano, 2005).

En cuanto a los métodos de aprendizaje y enseñanza de la lectura, desde hace años hay dos que predominan, el fónico y el global. Hay diversas controversias entre las ventajas y desventajas de uno y otro. El fónico busca enseñar de manera intencionada y sistemática la correspondencia grafema-fonema, lo cual le permitirá al alumno leer cualquier palabra. En el otro extremo tenemos el método global, que busca enseñar al alumno a reconocer asociaciones directas que existen entre palabras escritas y su significado, sin necesidad de hacer una decodificación fonológica. Gracias a las neuroimágenes, hoy sabemos que el cerebro de los disléxicos tiene una mayor activación en las regiones anteriores del hemisferio izquierdo. Por este motivo, se ha propuesto que los programas de intervención y reeducación para los disléxicos estén basados en el déficit fonológico, y que busquen la estimulación de la conciencia fonológica en los disléxicos. Hay artículos que confirman, que una vez que se ha realizado con éxito este tipo de intervenciones fonológicas, suceden variaciones significativas en los perfiles de activación cerebral en los alumnos con dislexia, pudiéndose ver mejoras en la decodificación lectora y mostrando importantes cambios en la activación de áreas temporo-occipitales del hemisferio izquierdo, ahora sí, con una activación más propia de los estudiantes no disléxicos (Simos et al., 2002).

Todos sabemos que la lectura es una habilidad que tiene un carácter imprescindible y esencial en una sociedad alfabetizada. A pesar de esto, tiene una adquisición compleja y diversa siempre en función de las necesidades del alumno. Además, su proceso de aprendizaje tiene diversas etapas y requiere progresión, revisión y cautela, ya que leer bien no es únicamente leer rápido, sino tener una adecuada comprensión. La neuroeducación puede ayudarnos en este proceso de aprendizaje lector para prevenir futuras deficiencias lectoras que se puedan confundir con la dislexia. Las aportaciones que esta nueva ciencia puede dar en el tratamiento educativo de la lectura, son realmente beneficiosas cuando se trata de atender a los estudiantes según sus características y necesidades personales. Otra ayuda indispensable que nos da, es que permite a los profesores conocer los programas educativos más adecuados para aplicarlos en alumnos disléxicos, en función de las áreas cerebrales en las que recae este déficit lector, y de este modo intentar solucionar las dificultades que estos lectores presentan (Fernández Domínguez, 2021).

#### 6.1.4 Respuesta a la intervención

Además de la predicción de que niños podrían desarrollar dislexia y comenzar a tratarlos antes de que esto ocurra, las imágenes neuronales también pueden contribuir para ver la respuesta que va a tener la reeducación de la dislexia. Se hizo un estudio de niños con dislexia de unos 14 años y ninguna de las 17 pruebas convencionales que testaban la lectura y las habilidades relacionadas con esta, predijeron que niños en particular mostrarían mejorías en la lectura durante los dos años y medio siguientes. Sin embargo, con la neuroimagen se puede predecir con considerable precisión que niño, de

manera individual, hará progresos durante la lectura en ese mismo periodo de tiempo (Hoeft et al., 2011).

En los niños que se ve que no harán este tipo de progresos, podrían ser guiados al comienzo del tratamiento a formas alternativas de intervención que sean probablemente más beneficiosas para ellos. Actualmente, las medidas educativas no son efectivas para identificar las variaciones que se dan frente a la remediación en la dislexia, sin embargo, los hallazgos en neuroimágenes muestran que es posible identificarlas. Probablemente se necesitaría algún tipo de interpretación de los hallazgos de las de neuroimágenes para aplicarlos a la práctica educativa. Esto nos puede proporcionar un marco para los avances en las medidas educativas que permitan que cada niño reciba el tipo de instrucción que mejor se adapte a su mente y cerebro (D'mello y Gabrieli, 2018).

#### 6.1.5 Rutas compensatorias

Se ha sugerido que la neuroeducación busca la remediación de un déficit mediante la mejora de habilidades alternativas vistas desde un enfoque compensatorio. Se ha visto que programas de remediación basados en evidencias, no solo mejoran los circuitos neuronales que estaban típicamente implicados en la lectura, sino que también conducen a la participación de circuitos cerebrales que no estaban normalmente asociados con esta actividad. Gracias a la neurociencia podemos ver cuáles son esas estrategias compensatorias que realizan los alumnos y podemos fortalecerlas. En el caso de los disléxicos se sabe que después de una intervención estructurada se involucran regiones de la corteza prefrontal derecha mucho más que antes (Howard-Jones et al., 2016).

Gracias a las imágenes cerebrales se puede observar el funcionamiento ineficiente que hay en niños disléxicos. Además, se puede observar la misma disfunción en niños y en adultos, lo que es una prueba neurobiológica de que los problemas de lectura no desaparecen. También, se ha descubierto como los disléxicos recurren a sistemas de lectura alternativos y compensatorios. Hay imágenes que muestran cuando los lectores disléxicos intentan pronunciar palabras y se puede ver como el sistema posterior del lado izquierdo del cerebro no funciona de manera eficiente comparado con un lector no disléxico. Sin embargo, estos lectores, aunque lentos, son precisos y se basan en vías secundarias alternativas para ellos. No supone una reparación de la ruta principal, sino una ruta diferente para leer (Shaywitz y Shaywitz, 2020).

El estudio del matrimonio Shaywitz ha permitido el examen de las rutas compensatorias que desarrollan los disléxicos. Una pista viene a partir del hallazgo de la relación entre la habilidad de la lectura y la activación cerebral. Hay una correlación positiva muy significativa entre la habilidad de lectura y la activación del lóbulo temporal del hemisferio izquierdo del área formadora de palabras, la caja de letras. Y también hay una correlación negativa entre la activación cerebral del hemisferio derecho y la habilidad de lectura, cuanto peor se lee, mayor es la activación. Con todo lo que sabemos de la plasticidad de los sistemas neuronales para la lectura una pregunta obvia es si estos sistemas son maleables y pueden cambiar mediante una intervención eficaz. Se realizó un experimento y se vio que los niños que habían recibido la intervención experimental mejoraron la precisión de la lectura, fluidez y comprensión. Además, mostraron un aumento de la activación en el hemisferio izquierdo. Esto sugiere que la intervención es fundamental para obtener resultados exitosos en niños con este tipo de dificultad. La





intervención fonológica de la lectura facilita el desarrollo de los sistemas neuronales que subyacen a una lectura experta (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005).

Los disléxicos tienen una mayor dependencia de los sistemas frontales, como sería el área de Broca, y las áreas alternativas que emplean se encuentran en el lado derecho y en la parte frontal del hemisferio izquierdo, esto se muestra en la figura 15. Así se puede entender como hay adultos brillantes que, a pesar de ser disléxicos, mejoran en la lectura a la hora de aumentar la precisión, pero siguen siendo lentos. La disfunción en los sistemas posteriores izquierdos impide un rápido reconocimiento de las palabras. Los sistemas auxiliares que han desarrollado permiten una lectura precisa, pero la hacen lenta, no les permite automatizar la lectura (Shaywitz y Shaywitz, 2020).

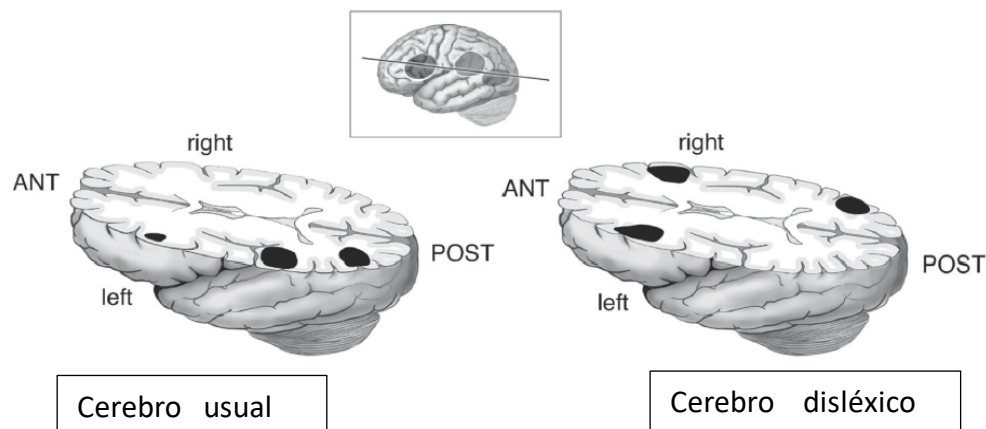


Figura 15. En esta imagen podemos comparar como en el cerebro sano se activa el hemisferio izquierdo, que son los sistemas neuronales encargados de la lectura. Esto no ocurre sin embargo en el cerebro disléxico donde se activa tanto el hemisferio derecho como el frontal izquierdo (Shaywitz y Shaywitz, 2020).

Las conexiones más fuertes en la materia blanca del hemisferio derecho, como el fascículo longitudinal superior derecho, se encontraron en niños con dislexia que mostraron grandes mejoras en la lectura (Hoeft et al., 2011), también se encontraron unas mayores tasas de crecimiento en esta zona en niños con antecedentes familiares de dislexia que se convirtieron en buenos lectores en comparación a los que se les diagnosticó la dislexia más tarde (Wang et al., 2017). Este descubrimiento implica que las rutas de la materia blanca del hemisferio derecho puede ser una red alternativa para la lectura en los niños con dislexia. También se han encontrado en algunos estudios conexiones más fuertes en el cuerpo calloso, que conecta los dos hemisferios en las personas con dislexia (Dougherty et al., 2007). Esta hiperconectividad entre hemisferios puede ser una causa o consecuencia de la dependencia excesiva del hemisferio derecho (Gabrieli, 2009).

#### 6.1.6 Estudio y comprensión de la dislexia

Hasta que no se empezaron a introducir técnicas de neuroimagen, las investigaciones sobre la dislexia estaban centradas en el déficit fonológico como uno de los factores causales. Este tipo de técnicas nos han permitido conocer las funciones neuroanatómicas de las diferentes áreas del cerebro con una mayor profundidad, lo que ha llevado a ampliar el conocimiento de la red de lectura del cerebro a otras áreas además de las tradicionalmente asociadas. Se ha visto en esta red, como las áreas primarias auditivas y

visuales tienen un papel primordial. Se ha concluido que este tipo de trastorno del neurodesarrollo sensorial, está ubicado en áreas primarias auditivas y visuales, todo esto conlleva un deficiente procesamiento de la información viso-espacio-temporal. La dislexia y por ende el déficit fonológico son una consecuencia de este trastorno. Gracias a estas diferenciaciones se ha permitido visibilizar otros síntomas menos atendidos por la investigación y la educación. La neuroeducación nos puede dar una mejor comprensión de la naturaleza neurológica del trastorno y con ello podríamos diseñar una didáctica más inclusiva que no penalice a los alumnos que padecen dislexia (Sánchez-domenech, 2018).

Los autores Vidyasagar y Pammer defienden la idea de que un déficit en la atención viso-espacial es la causa de la dislexia, esto sitúa el origen de la misma en algún punto entre la retina y el córtex parietal. Según estos mismos autores, esto da como resultado un déficit en el reconocimiento correcto de las secuencias de letras y palabras, causado por un mecanismo atencional que busca las características importantes de un objeto para reconocerlo enlazando sus atributos y su situación espacial relativa. Un punto a favor de esta idea, es que los disléxicos tienen una gran dificultad para determinar las secuencias de letras que conforman las palabras mediante omisiones, adiciones y sustituciones (Vidyasagar y Pammer, 2010). De manera natural, reconocemos las palabras de manera secuencial con algunas letras que procesamos por el sistema de reconocimiento de objetos, el orden en el que se ven y se oyen las letras ayuda al cerebro a almacenar en la memoria la secuencia de letras que conforman las palabras esto permite su reconocimiento y recuperación (Sánchez-domenech, 2018).

Müller-Axt y su equipo descubrieron con sus investigaciones que los alumnos que parecían dislexia tenían conexiones estructurales más reducidas en la vía directa que hay entre el tálamo visual izquierdo y el área temporal media izquierda (Müller-Axt, Anwander, y von Kriegstein, 2017). Esto significa que la interrupción se produciría a un nivel más primario, dado que esta área está conectada con el lóbulo parietal y tiene una función imprescindible en la percepción del movimiento visual (Gori, Seitz, Ronconi, Franceschini, y Facoetti, 2016) y en las habilidades de nombrar de manera rápida y automatizada, ambos déficits clave en la dislexia. En otro estudio realizado por Giraldo-Chica, Hegarty y Schneider vieron como estas diferencias en el tálamo visual se encontraban solo en el izquierdo, no en el derecho que no está implicado en la red de lectura (Giraldo-Chica, Hegarty, y Schneider, 2015).

Pero las nuevas investigaciones neurocientíficas no solo han arrojado luz sobre las áreas visuales implicadas en la dislexia, también sobre las auditivas. Éstas se dan en el córtex auditivo primario y en sus áreas adyacentes, se han encontrado importantes diferencias neuronales y anatómicas en lectores disléxicos frente a sus homólogos (Banai, Nicol, Zecker, y Kraus, 2005). A la hora del desarrollo del habla y la lectoescritura la discriminación auditiva es un elemento fundamental.

Éstos son solo algunos de los ejemplos de lo que ha aportado la neuroimagen al estudio de la dislexia. Se han explicado con ello varios síntomas relacionados con la dislexia como la desorientación espacio-temporal, la torpeza visomotora, el déficit en la memoria serial, el esquema corporal y la lateralización. Las investigaciones sobre los déficits neuroanatómicos auditivos y visuales que se han detectado en una parte importante de los disléxicos explican estos síntomas por un efecto cascada desde el tálamo hacia el lóbulo parietal. Al fin y al cabo, las consecuencias cognitivas en uno de los déficits del procesamiento de la información espacio-temporal va mucho más allá de la lectoescritura

(Sánchez-domenech, 2018). Un estudio que buscó ilustrar estas grandes diferencias fue el de Menghini donde descubrieron que el porcentaje de alumnos disléxicos que solo tenían déficit fonológico era del 18,3 % mientras que los que presentaban además otros déficits cognitivos asociados ascendía al 76,6 % (Menghini, Carlesimo, Marotta, Finzi, y Vicari, 2010). Las intervenciones que se dan a este tipo de sujetos en la conciencia fonológica mejora en el rendimiento de la lectura, pero no porque estén actuando sobre la causa del trastorno, sino que es una consecuencia de incrementar la exposición auditiva y visual a las letras, sílabas y palabras y esto entrena el reconocimiento y la memoria visual (Sánchez-domenech, 2018).

#### *6.1.6.1 Conocimiento de las consecuencias cognitivas la dislexia*

Está asumido, de manera mayoritaria, que la dislexia es una dificultad en la lectoescritura cuyo principal síntoma es el déficit de la conciencia fonológica. Sin embargo, las consecuencias cognitivas de trastorno del neurodesarrollo visual y/o auditivo no suelen tenerse en cuenta por los educadores en general. Algunas de estas dificultades son las relacionadas con la percepción espacio-temporal y la memoria secuencial. Estas dificultades están presentes en diversas tareas diarias (Sánchez-domenech, 2018):

- Realización de ejercicios en el cuaderno: el hecho de ordenar los ejercicios y las respuestas requiere un sentido topográfico, una orientación espacial. El cuaderno de los disléxicos suele estar desordenado, con un tamaño irregular de letras y números, espacios desaprovechados o sobrecargados. En algunos casos pueden insistir en escribir solo por la cara que cuando tienen el cuerno abierto queda a su derecha por la desatención al campo visual izquierdo
- Redacción: es imprescindible para esta actividad ordenar ideas siguiendo una secuencia temporal lógica
- Matemáticas: los disléxicos no tienen mermado el coeficiente intelectual por lo que en principio no tendrán dificultad para comprender los conceptos matemáticos. Aun así, es relativamente usual que un alumno disléxico piense en un número y escriba otro, coloque los números desordenados o se olvide de multiplicar uno de los multiplicadores. Además, la memorización como las de las tablas de multiplicar supone un reto ya que lo harán a un ritmo más lento y lo olvidarán con mayor facilidad.
- Música: este tipo de alumnado tienen dificultades a la hora de asociar una representación simbólica con un sonido. Además, necesitan la coordinación viso-motora para la ejecución de esos sonidos con instrumentos.
- Geografía: esta asignatura requiere orientación y memoria viso-espacial a la hora de situar accidentes geográficos en mapas.
- Educación física: uno de los criterios fundamentales es el equilibrio, que necesita información vestibular sobre la posición de las partes del cuerpo, información que no siempre se procesa correctamente en el caso de los disléxicos

La neuroeducación puede ayudar a los educadores a entender mejor las dificultades directamente relacionadas con la realización de tareas cotidianas en el aula, esto puede permitir el diseño de una didáctica que tenga en cuenta este tipo de dificultades y pretenda subsanarlas (Sánchez-domenech, 2018).

#### *6.1.7 Mitos de la neuroeducación*

En esta disciplina hay aún numerosos retos, entre ellos los diversos mitos acerca de la neuroeducación que son debidos a varios factores. Como por ejemplo la gran diferencia entre el lenguaje de los neurocientíficos, y el de los profesores en general. Esto desemboca en una dificultad para entender los trabajos científicos originales, lo que obliga a ir a fuentes menos directas como las noticias o revistas de divulgación. Esto se podría solucionar con profesionales que hagan de puente entre los neurocientíficos y los profesores, un neuroeducador. También hay que destacar el hecho de que a día de hoy, proponer nuevas y diferentes ideas, aunque no están respaldadas por trabajos científicos originales, da sensación de ser un docente innovador y proactivo (Mora, 2018). El interés por esta nueva rama ha dado lugar a una amplia bibliografía repleta saber popular, falsas interpretaciones, especulaciones y verdadera ciencia. Por lo que resulta difícil discernir qué información es veraz (Ortiz, 2018).

Algunos de estos mitos son la predominancia del hemisferio izquierdo o derecho que darían diferentes habilidades a los alumnos. Hoy sabemos que, a pesar de haber dos hemisferios en nuestro cerebro, el cuerpo calloso los conecta y en general funcionan como un todo. Hay que resaltar la predominancia de ciertas tareas en uno u otro hemisferio, pero en general las interconexiones entre ambos hacen que funcionen como una unidad. De esto podemos extraer que no existen personas con predominancia en su cerebro izquierdo o derecho, y que separar a los alumnos según esta clasificación es totalmente erróneo (Mora, 2018).

Otro de los mitos más extendido es el de los estilos de aprendizaje. Se basa en que cada estudiante tiene una predisposición natural para aprender mejor a través de un determinado sistema sensorial, vista, oído o movimiento. El mito está universalmente aceptado y no solo por los docentes sino también por neurocientíficos. Sin embargo, estos estudios no tuvieron en cuenta la plasticidad cerebral, la diversidad de inclinaciones y motivaciones y las competencias que el propio alumno pueda desarrollar a lo largo del tiempo. Se han realizado estudios y no se ha podido demostrar que haya diferencias estadísticamente significativas entre estudiantes que emplearon su estilo de aprendizaje predeterminado y estudiantes a los que no se les tuvo en cuenta su estilo de aprendizaje. La aplicación de este método de enseñanza va en menoscabo del verdadero equilibrio del alumno, ya que la mejor enseñanza es aquella que combina diversos modos de aprendizaje (Mora, 2018).

Y sin embargo, hay conocimientos populares que han resultado no ser mitos, como el limitado periodo atencional del ser humano. Evidentemente esto depende mucho de la parte emocional, el profesor marca totalmente el que una clase sea o no interesante. En cualquier caso se estima de manera aproximada, que a ningún nivel de enseñanza un discurso continuado debiera durar más de 15 o 20 minutos. En el caso una clase magistral cada cierto periodo de tiempo debería introducirse 12 minutos de distracción con los que se rompa el tema central, anécdotas, observaciones, recuerdos, historias... con esta breve interrupción, los alumnos son capaces de concentrar de nuevo su atención y cometen menos errores a la hora de tomar apuntes, de la capacidad de atención ejecutiva (Mora, 2018).

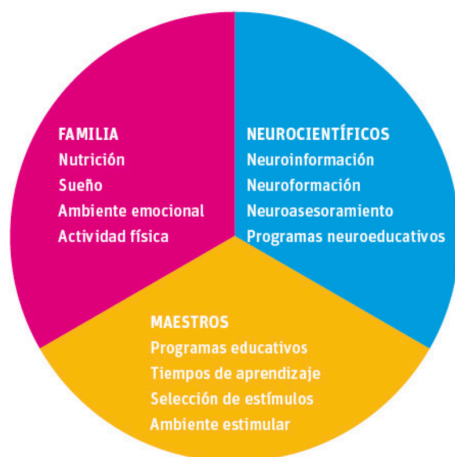
## 6.2 Programas neuroeducativos

Hay algunos programas basados en la neuroeducación, que pueden emplearse para mejorar algunos de los síntomas de la dislexia. Ya sea de manera específica como en el

programa RAVE-O, donde se trata de manera concreta problemas lectoescritores y se intenta mejorar principalmente la fluidez (Battro, Fischer, & Léna, 2010). El método diverlexia, también específico para este trastorno, caracterizado por buscar una intervención personalizada y un aprendizaje progresivo (Silva, 2020). O el programa HEVAT, que se encargaría de los síntomas más emocionales de la dislexia, ya que es un programa neuroeducativo que busca beneficiar a todo el alumnado en general (Ortiz, 2018). A pesar de sus posibles beneficios, este tipo de programas no están ampliamente extendidos.

### 6.2.1 Programa HERVAT

El programa HERVAT es un programa neuroeducativo de estimulación de procesos



neuroológicos básicos implicados en cualquier proceso cognitivo. Consiste en la realización diaria de unos ejercicios de hidratación, equilibrio, respiración, visión, audición y tacto para conseguir un estado óptimo del organismo y favorecer los procesos atencionales básicos. Con esto se busca que mejoren los procesos cognitivos. Este programa se desarrolla en centros educativos de Madrid. La base teórica es que busca organizar y estimular de una manera continua, durante toda la jornada escolar, el funcionamiento cerebral de áreas y estructuras implicadas en el estudio (Ortiz, 2018).

*Figura 16.* Este gráfico presenta un modelo de la participación necesaria para que haya un sistema de enseñanza integral que busque la mejora del desarrollo cerebral y el perfeccionamiento de los procesos educativos (Ortiz, 2018).

En la actualidad, la neurociencia nos proporciona conocimientos necesarios para poder diseñar programas de intervención que estén orientados a un desarrollo controlado del cerebro, con el objetivo de mejorar la adquisición de conocimientos. Esto permite a los profesionales de la educación diseñar enseñanzas, actuaciones y sistemas de estimulación específicos que buscan mejorar la actividad de los alumnos y por lo tanto su capacidad, comprensión y ejecución de funciones complejas (Ortiz, 2018).

Las premisas de este programa son las que se muestran en la figura 16 y a continuación explicamos los pilares que emplea. En primer lugar, mejorar los procesos fisiológicos del cuerpo y adaptarlos a la escuela, de tal manera que permitan un estado biológico óptimo del organismo. En segundo lugar, tenemos que alcanzar un desarrollo sensorio-perceptivo adecuado a las funciones que sean propias del entorno escolar. Organizar educativamente un sistema neuropedagógico cuyo objetivo sea mejorar el aprendizaje de habilidades, contenidos y de las funciones cognitivas complejas. Y por último, crear un ambiente de estimulación perceptiva emocional positiva de manera continua (Ortiz, 2018).

El primer objetivo, lo que busca es que el propio ambiente del centro sea adecuado. Por ejemplo que haya luz natural, que no haya ruidos y que su arquitectura sea armoniosa, con grandes espacios que permiten las reuniones y colores vibrantes como elementos



arquitectónicos. Además, es importante la posición del cuerpo de los niños, no se puede estudiar encogido, mal sentado, con la cabeza inclinada... Todo esto impide la buena oxigenación. Por otro lado también se les enseña técnicas de relajación, para favorecer la postura y para mejorar la oxigenación del cerebro (Ortiz, 2018).

El segundo objetivo, lo que se busca es estimular cuantos más canales sensoriales de información mejor. Dado que con esto mayor probabilidad tendremos de mejorar las funciones cognitivas y el aprendizaje escolar. Se ha podido ver como la respuesta es más rápida si la información nos llega por diversos canales. Podemos entender el funcionamiento del cerebro de una forma más global, dándonos cuenta de que los circuitos que se han establecido mediante la estimulación sensorial pueden ir añadiendo nuevas conexiones debido a nuevas estimulaciones y pueden ampliar la plasticidad cerebral de áreas cercanas (Ortiz, 2018).

En tercer lugar, están ejercicios diarios hechos de manera repetitiva, regular, precisa y sistemática. Ejercicios que estén asociados a un tiempo muy breve para buscar la activación de la atención y memoria inmediata. Por último los ejercicios del HERVAT que se realizan de manera anterior al aprendizaje sirven para favorecer el estado óptimo del organismo y aumentar el estado atencional básico (Ortiz, 2018).

De manera final, el alumno tiene que tener a su alcance un ambiente positivo, ya que las emociones afectan de manera directa al estudio. Una forma muy sencilla de mantener este ambiente es mediante la sonrisa que es un gesto muy natural y que nos ayuda a conectar entre las personas (Ortiz, 2018).

#### *6.2.1.1 Mejoras en la dislexia*

Este programa neuroeducativo mejora concretamente la dislexia en lo que a las dificultades atencionales y afectivas se refiere. Dado que se trata de una repetición constante de unos ejercicios con el objetivo de mejorar el rendimiento cognitivo, puede ayudar a focalizar la atención del alumno, además de coger buenas costumbres posturales y de estudio. Por otro lado la idea de crear un ambiente de estimulación perceptiva sensorial positiva ayudará al alumno con baja autoestima, frustración, irritabilidad, comportamientos disruptivos... Ya que estos síntomas se deben a una afectación emocional que padecen un gran número de disléxicos. El objetivo de estimular la mayor cantidad de canales sensoriales de información ayuda a motivar a los disléxicos ya que evita emplear de manera principal la lectoescritura, el gran problema de estos alumnos.

Además, dado que este tipo de alumnos tienen un historial previo de dificultades de aprendizaje en etapas posteriores con la dislexia diagnosticada o no, un enfoque personalizado como el que este programa propone puede ser de gran ayuda para, en primer, lugar si no se ha diagnosticado la dislexia identificarla. Y en segundo lugar, personalizar las intervenciones necesarias según lo que el alumno precise. Como ya hemos hablado en este trabajo, no hay dos dislexias iguales, por lo que en este tipo de trastorno es muy importante tener una atención individualizada para poder rehabilitarlo adecuadamente. Por último, este tipo de atención personalizada también puede ayudar en otra manifestación de la dislexia, como es la falta de organización y planificación adecuada a la hora de estudiar las materias. Conociendo al alumno, se pueden identificar sus puntos débiles y tratarlos.

### 6.2.2 Programa RAVE-O

Este programa es específico para la dislexia y se basa en la importancia de la velocidad de lectura, que es un importante medidor en la lectura en niños con problemas de fluidez. La fluidez en la lectura requiere de una fuerte interacción entre los componentes ortográficos, fonológicos, semánticos y sintácticos de lenguaje. El objetivo final del programa no es solo la rapidez con la que leen los niños, sino su comprensión y disfrute a la hora de hacerlo. Esta intervención es un buen ejemplo de cómo el conocimiento de los mecanismos cognitivos y cerebrales de la lectura puede ayudar a mejorar la educación en el tema de la alfabetización (Battro et al., 2010).

El nombre del programa corresponde a las siguientes siglas, Recuperación, Automaticidad, Vocabulario, Compromiso con el lenguaje y Ortografía. RAVE-O surgió como resultado de diversas colaboraciones y buscaba investigar un modelo multidimensional de la discapacidad de la lectura y evaluar la eficacia de diferentes tratamientos basado en la dislexia. Este programa tiene tres grandes objetivos, el primero el desarrollo de la precisión y automaticidad en la lectura, el segundo un aumento de la tasa de palabras, su identificación y comprensión y el tercero una transformación de la actitud hacia las palabras del lenguaje. En el se busca abordar tanto la necesidad de automatizar la lectura, mejorar la ortografía, semántica, sintáctica y la importancia de enseñar conexiones explícitas entre estos sistemas lingüísticos (Battro et al., 2010).

El programa funciona de la siguiente manera, a los niños se les muestra un grupo de palabras básicas cada semana que ejemplifica en principios fonológicos, ortográficos y semánticos críticos. Cada palabra central se elige sobre la base de (Battro et al., 2010):

- Fonemas compartidos con el programa de tratamiento fonológico.
- Patrones ortográficos secuenciados.
- Riqueza semántica, que cada palabra central tenga al menos tres significados diferentes.

Se hace énfasis de manera diaria en la práctica del reconocimiento rápido de los patrones de letras ortográficos más frecuentes en inglés. Y hay un énfasis simultáneo en el vocabulario y la recuperación, basado en trabajos anteriores del desarrollo de vocabulario que sugiere que uno recupera más rápido lo que sabe mejor. El crecimiento del vocabulario se conceptualiza como esencial tanto para una recuperación rápida (en el lenguaje oral y escrito) como para mejorar la comprensión. Las habilidades de recuperación se enseñan a través de una variedad de formas incluido un conjunto de estrategias meta cognitivas (Battro et al., 2010).

Los resultados muestran que se obtienen ganancias significativas después 70 sesiones de una hora. Y las ganancias se dan en todas las variables: identificación de palabras, vocabulario, fluidez a nivel de palabras y en una medida combinada de fluidez y comprensión (Battro et al., 2010).

#### 6.2.2.1 Mejoras en la dislexia

Este programa es especial para tratar problemas de lectura como es la dislexia, por ello trata de manera más específica algunos de los síntomas más comunes de este trastorno. El programa está principalmente enfocado a la mejora de la fluidez, la comprensión de textos, la automatización de la ortografía y la mejora en la estructuración de la expresión



escrita. Este programa está pensado para hacerse en el idioma natal del alumno, pero podría aplicarse en el caso de lenguas extranjeras, un gran problema en este tipo de alumnado.

### 6.2.3 Método diverlexia

No es un programa propiamente dicho, y tampoco se define como neuroeducativo, sino como una intervención psicopedagógica. Aún no siendo así, describen sus fundamentos como neurociencia cognitiva aplicada a la enseñanza, lo que sería esencialmente neuroeducación. Se trata de un método de enseñanza de lectura y escritura para alumnos con dificultades de aprendizaje, concretamente dislexia. Parten del objetivo de enseñar de manera distinta a quienes aprenden de manera diferente, los disléxicos (Silva, 2020).

El método está fundamentado en una valoración inicial previa que diagnostique la dificultad de aprendizaje, y en personalizar una estrategia para cada alumno centrada en su nivel y en los déficits específicos que presenta. Está basado en evidencias científicas y busca la estimulación neuropsicológica en pre-lectores como base del éxito lector. Como el resto de intervenciones, y como el programa RAVE-O, se centra en la conciencia fonológica, en aprender la lectura del lenguaje, entender sus normas y comprender lo leído. Para ello enseña decodificar y automatizar la lectura liberando recursos cognitivos para poder desarrollar las habilidades superiores de pensamiento que los disléxicos tienen intactas y a las que no pueden acceder por no poder decodificar correctamente las palabras. Quieren que el aprendizaje sea progresivo, avanzando al ritmo que requiera el alumno y respetando sus ciclos. Diverlexia se caracteriza principalmente por presentar una metodología sistemática, lúdica, multisensorial, explícita y activa para asimilar eficazmente los contenidos y procedimientos. Sustituyen las tareas que en otros lugares se hacen de manera mecánica, por actividades que resulten estimulantes y variadas, muchas veces mediante el uso de TICs. Además de método de intervención para la dislexia, Diverlexia también tiene un curso específico de dislexia, un manual donde explican su método, diversos recursos y profesionales específicos con los que contactar (Silva, 2020).

#### 6.2.3.1 Mejoras en la dislexia

Los beneficios de este método en la dislexia son la enseñanza de la lectura y la escritura en español, potenciando la capacidad de aprendizaje del alumnado. Puede evitar que algunos alumnos con dificultades lectoras tengan un desfase electo escritor respecto al resto de sus compañeros. Por último, dada su gran especialización en trastornos de la lectura, busca corregir las dificultades relacionadas con este tipo de aprendizaje (Silva, 2020).

## 7. Conclusiones

Finalmente expongo las conclusiones obtenidas en este trabajo de revisión crítica:

Hemos podido ver cómo se desarrollan las rutas de lectura en el cerebro y como éste se adapta para permitir al individuo la lectoescritura a pesar de que ésta no sea una habilidad natural. Además hemos hablado de la importancia que tiene en nuestro día a día la alfabetización, y por ende los problemas que causa no saber leer y escribir bien. Con ello completamos el objetivo de explicar la importancia de la lectoescritura y los procesos cerebrales que se llevan a cabo para desarrollarla de manera usual. Además, y atendiendo al objetivo secundario de exponer las diferencias entre un cerebro lectoescritor y en uno disléxico para comprender mejor los síntomas de este trastorno, su origen y sus posibles remediaciones, hemos comparado ambos cerebros. Como se ha explicado las diferencias son mínimas y se deben a una mala migración de unos haces neuronales en el momento del desarrollo cerebral.

La dislexia históricamente ha sido un problema a la hora de definirla y encontrar sus causas últimas. Las investigaciones más recientes parecen concluir que puede estar relacionada con unas lesiones biológicas en el cerebro que impiden el correcto funcionamiento de las rutas de lectura. Pero aún quedan muchas incógnitas por clarificar. Ha habido diversos intentos de intervención basados en las principales teorías de cada época. Desde hace unos años, se ha visto que los tratamientos más eficaces son los enfocados a la mejora de la comprensión de los fonemas y grafemas tanto de manera visual como auditiva. Con este punto cumpliríamos el objetivo de repasar la historia de la investigación de la dislexia y ver cómo ha evolucionado el concepto y los tratamientos hasta la actualidad. Por otro lado a día de hoy se sigue sin tener una clasificación común de la dislexia y en este trabajo, completando uno de los objetivos secundarios, hemos repasado las diferentes clasificaciones que ha tenido y tiene la dislexia.

A pesar de que la dislexia no entorpece significativamente el proceso de aprendizaje, y de que hay leyes especiales para este colectivo, sigue habiendo un alto fracaso escolar. Esto probablemente sea debido a que el sistema educativo está basado de manera casi exclusiva en un input de conocimientos mediante la lectura y un output mediante la escritura y por la carencia de información práctica y teórica de los profesores sobre este trastorno.

Tras la dislexia nos centramos en la neuroeducación, que es una disciplina académica joven que tiene una especial relevancia en alumnos con dificultades específicas del aprendizaje, ya que puede aportar enfoques y herramientas diferentes. Pero en general, puede resultar útil para cualquier alumno ya que se enfoca en los procesos de aprendizaje que se llevan a cabo en el cerebro. El principal motivo por el que la neuroeducación puede aportar grandes ventajas a la educación es por la gran plasticidad cerebral que caracteriza a nuestra mente, de otro modo no tendría sentido modificar el ambiente. Algunas de las principales ventajas actuales que presenta la neuroeducación para la dislexia son las siguientes:

- El diagnóstico precoz de la dislexia: Que nos permitiría tratarla de manera temprana, cuando la intervención es más eficaz.
- Optimización del aprendizaje a la lectura: Hay diversas prácticas neuroeducativas que pueden ayudarnos a mejorar este proceso de aprendizaje,

como programas de estimulación temprana y distintos métodos de aprendizaje y enseñanza de la lectura.

- La respuesta de la rehabilitación: La neuroimagen también permite predecir su eficacia y modificar el tipo de intervención si es preciso.
- Rutas alternativas: Con ayuda de la neurociencia podemos potenciar estas rutas, que no suponen una reparación de la ruta principal sino el establecimiento de una alternativa.
- Investigación y comprensión de este trastorno: gracias a la neuroimagen hemos podido conocer qué regiones del cerebro están implicadas en la dislexia y considerar las consecuencias cognitivas de este trastorno neurodesarrollo.

Por último, hay algunos programas innovadores que buscan aplicar los conocimientos que aporta la neurociencia en mejorar el rendimiento de los alumnos, como en el caso del programa HERVAT. O en mejorar la lectoescritura de manera específica como el programa RAVE-O y el método Diverlexia, donde se pueden ver mejoras sustanciales en varias variables, entre ellas la fluidez de lectura.

En último lugar el objetivo principal de este trabajo, recopilar aportaciones actuales enmarcadas en el paradigma de la neuroeducación para la mejora de la dislexia de manera global queda cumplido. Podemos verlo en las principales ventajas de la neuroeducación para la dislexia y en los programas innovadores de esta disciplina para tratar este trastorno.

La neuroeducación no es una solución inmediata a la dislexia. Sin embargo, tras todo lo observado, podemos concluir que es una disciplina que puede aportar un gran número de ventajas y beneficios para este trastorno neurobiológico. La educación del futuro en general, se encamina hacia la neuroeducación, y sobre todo cuando se trata de alumnos con algún tipo de dificultad en el proceso de aprendizaje. Aun así, aún queda mucho camino que recorrer para que esta disciplina coexista de manera habitual con las metodologías preexistentes en las aulas.

## 8. Prospección futura

### 8.1 El futuro de la neuroeducación

En la actualidad parece evidente que los avances de las distintas disciplinas, permiten detectar diferentes problemas cerebrales y psicológicos en los alumnos, que les impiden desarrollar un aprendizaje estándar. Sin embargo, también se observan los pocos adelantos que se han conseguido para que toda esta información pueda aplicarse de modo sistemático en los colegios y que tanto los profesores como los alumnos puedan disfrutar de sus ventajas. Cada vez hay mayor consenso en cuanto a la necesidad de unir la neurociencia y la educación, creando un puente sólido entre estas dos ciencias del conocimiento (Mora, 2020). Se ha sugerido incluso, que los estudiantes estarán mejor preparados para su futuro, si se incorporan contenidos de las neurociencias al currículo, los cuales promueven habilidades de pensamiento crítico (Varma, McCandliss, y Schwartz, 2008). El principal motivo de la lentitud a la hora de aplicar toda esta información en la educación son las diferencias estructurales entre las neurociencias y la docencia que dificultan su colaboración (Lozoya Meza, Amaya Gutiérrez, y Lozoya Ocegueda, 2018). El problema más esencial a este respecto es la falta de un lenguaje común entre ambas disciplinas, falta comunicación entre científicos y docentes (Fischer, 2009). El lenguaje de la ciencia es difícil y abstruso y esto lleva a la necesidad de que, de alguna forma, se contemple una transmisión en la que prime un lenguaje sencillo, directo y asequible.

Este problema de base se traduce en diferentes desacuerdos que surgen entre ambas disciplinas. Por ejemplo, los estudios sobre las áreas más básicas como son la biología molecular, la genética y la neurología tienen un impacto muy reducido en la educación por la dificultad de trasladar las conclusiones a la práctica docente, como vemos en la figura 17. No todo en la neurociencia se aplica a la docencia, en realidad la neurociencia educativa, neuroeducación, es una subdisciplina de la neurociencia cognitiva. Además, cuando las investigaciones neurocientíficas tratan sobre trastornos del neurodesarrollo carecen de educadores que garanticen la aplicabilidad de los resultados. Las investigaciones neurocientíficas que explora las bases neuronales de los trastornos del neurodesarrollo y de las dificultades del aprendizaje aportan nuevos conocimientos al campo de la neuroeducación, ya que aparte de sacar a la luz las características neurobiológicas subyacentes, aportan intervenciones pedagógicas que podrían transformar estas condiciones neuronales. Un ejemplo de esto son las intervenciones orientadas al desarrollo de la conciencia fonológica en alumnos con dislexia, que se han podido observar cambios a nivel de activación cerebral en la red de áreas responsables de la lectura, además de notables mejoras en su rendimiento (Carballo, 2019).

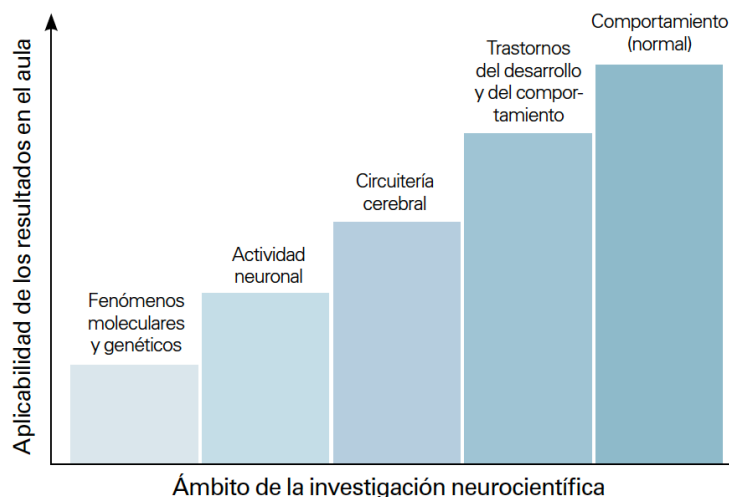


Figura 17. Gráfica donde podemos ver que ámbitos de la investigación neurocientífica tiene una mayor aplicabilidad en el aula (Carballo, 2019).

Una posible solución para esta falta de comunicación es un profesional que haría de intermediario entre los neurocientíficos y el personal educativo, un neuroeducador. Se encargaría de conciliar tanto la investigación, como la praxis y la política docente, de la misma manera que en otras disciplinas, como en la física existe un profesional, el ingeniero, que se encarga de llevar los conocimientos básicos a la práctica (Lipina, 2016). Puede que vaya siendo el momento de que gane relevancia esta nueva figura, que podría trabajar de manera conjunta con otros profesores y ayudarlos en su labor docente (Mora, 2020).

Por otro lado estaría la creación de escuelas de investigación, lugares donde la ciencia y la práctica educativa se den la mano de forma que se aporte a la investigación docente. Los investigadores Ansari, De Smedt, y Grabner indican que hay que tener en cuenta que la investigación neurocientífica tarda en tener un impacto directo e inmediato en la educación. Por ello hay que ser realista y organizar un entrenamiento interdisciplinario con el objetivo de aportar recursos y programas de investigación que permitan la colaboración entre diversas disciplinas a largo plazo (Ansari, De Smedt, y Grabner, 2012). Además, estos lugares de investigación deberían estar poseer bases de datos que estén compartidas por diversas instituciones y que contengan información del proceso de aprendizaje y el desarrollo cerebral. Estas bases de datos estarían redactadas tanto por neurocientíficos como por personal docente. Para que la neuroeducación funcione, se requiere que los docentes colaboren de manera activa con los investigadores a la hora de formular preguntas a resolver y los métodos aplicar. Las escuelas de investigación serían lugares ideales donde comenzar este tipo de prácticas (Fischer, 2009).

Con la falta de medios y conocimientos actuales entorno a este trastorno, es muy difícil que una disciplina tan novedosa como la neuroeducación, arraigue inmediatamente. Tendrán que pasar aun algunos años para que esta situación se revierta. Aunque, ya hay escuelas concretas donde se llevan acabo algunos de los programas neuroeducativos que hemos visto y donde se trata al alumnado disléxico con las adaptaciones que requiere. Se trata, en su mayoría, de casos particulares que no ejemplarizan la enseñanza española actual. Sin embargo, creemos que la neuroeducación esta destinada a contribuir de manera significativa en la educación y de manera específica en la dislexia.

## 9. Referencias bibliográficas

- Ainscow, M. (2001). *Desarrollo de escuelas inclusivas. Ideas, propuestas.* (Narcea, Ed.). Madrid.
- Alonso, J., & Mateos, M. (1985). Comprensión Lectora: Modelos, entrenamiento Y evaluación. *Infancia y Aprendizaje*, 8(31-32), 5-19. <https://doi.org/10.1080/02103702.1985.10822082>
- Alvarez, A., & Bravo, L. (1976). La dislexia y su grado de recuperación. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 8(3), 417-424.
- Alvarez Alvarez, L. V., & Correa López, R. A. (2021). Percepción de la dislexia en el aula por los docentes: una revisión. *Tempus Psicológico*, 4(1), 29-43. <https://doi.org/10.30554/tempuspsi.4.1.3373.2021>
- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation - A critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117. <https://doi.org/10.1007/s12152-011-9119-3>
- Ardila, Rosselli, & Matute. (2005). *Neuropsicología de los trastornos del aprendizaje.* (El manual moderno, Ed.). Barcelona, España.
- Aristizabal, L. V. O., & Leguizamón, Z. R. L. (n.d.). Evolución y modelos de la rehabilitación de la dislexia.
- Asociación andaluza de dislexia. (2010). Guía General Sobre Dislexia. *Dislexia En Positivo*, 1-69. Retrieved from [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38975643/guia-general-sobre-dislexia.pdf?1443782522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGuia\\_general\\_sobre\\_dislexia.pdf&Expires=1597735331&Signature=B7gPRKGNKjnn0y0E~5Zwn5RaxHB-TtLPSToCxm9QPBCfIOezFU](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38975643/guia-general-sobre-dislexia.pdf?1443782522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGuia_general_sobre_dislexia.pdf&Expires=1597735331&Signature=B7gPRKGNKjnn0y0E~5Zwn5RaxHB-TtLPSToCxm9QPBCfIOezFU)
- Aunión, J. A. (2009). Sin leer ni escribir hasta los seis. *El País*.
- Banai, K., Nicol, T., Zecker, S. G., & Kraus, N. (2005). Brainstem Timing: Implications for Cortical Processing and Literacy. *The Journal of Neuroscience*, 25(43), 9850 LP - 9857. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2373-05.2005>
- Barba Tellez, M. N., Suárez Monzón, N., Jomarrón Moreira, L., & Navas Bonilla, C. del R. (2019). Tendencias actuales de la investigación en dislexia y necesidad de formación docente. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48, 410-425.
- Battro, A. M., Fischer, K. W., & Léna, P. J. (2010). The educated brain: Essays in neuroeducation. In *Mind, Brain, and Education, Nov, 2003, Rome, Italy; This volume has been edited from the papers presented at the aforementioned conference.* Cambridge University Press.
- Benedet, M. J. (2013). *Cuando la "Dislexia" no es Dislexia: un acercamiento desde la Neurociencia Cognitiva.* (CEPE S.L, Ed.). Madrid: Editorial CEPE. Retrieved from <https://elibro.net/es/lc/usj/titulos/153562>
- Benítez-Burraco, A. (2010). Neurobiology and neurogenetics of dyslexia. *Neurologia*, 25(9), 563-581. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2009.12.010>
- Berninger, V. W., Abbott, R. D., Thomson, J. B., & Raskind, W. H. (2001). Language Phenotype for Reading and Writing Disability: A Family Approach. *Scientific Studies of Reading*, 5(1), 59-106. [https://doi.org/10.1207/S1532799XSSR0501\\_3](https://doi.org/10.1207/S1532799XSSR0501_3)
- Berninger, V. W., & Richards, T. L. (2002). *Brain literacy for educators and psychologists.* San Diego, CA, US:



- Academic Press.
- Bibliotecas públicas. (2021). Red de bibliotecas de Aragón.
- Brown, W. E., Eliez, S., Menon, V., Rumsey, J. M., White, C. D., & Reiss, A. L. (2001). Preliminary evidence of widespread morphological variations of the brain in dyslexia. *Neurology*, *56*(6), 781–783. <https://doi.org/10.1212/wnl.56.6.781>
- Cambridge University Press. (2010). *The Educated Brain Essays in Neuroeducation*. (A. M. Battro, K. W. Fischer, & P. J. Léna, Eds.). New York.
- Carballo, A. (2019). Posibilidades y limitaciones de la neuroeducación. *Mente y Cerebro*, *98*, 26–32.
- Centro psicopedagógico. (2020). La dislexia.
- Cervel-Nieto, M. (2008). La dislexia en la formación del profesorado. *Educación y Futuro*, *18*, 103–113.
- Copete-Andrade, M. (2020). *Dislexia en el aula “ La dislexia no se corrige , se reeduca .”* Universidad de Sevilla.
- D’mello, A. M., & Gabrieli, J. D. E. (2018). Cognitive neuroscience of dyslexia. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *49*(4), 798–809. [https://doi.org/10.1044/2018\\_LSHSS-DYSLC-18-0020](https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-DYSLC-18-0020)
- Dehaene, S. (2013). Inside the letterbox: how literacy transforms the human brain. *Cerebrum: The Dana Forum on Brain Science*, *2013*, 7. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23847714>
- Dehaene, S. (2015). *Aprender a leer : de las ciencias cognitivas al aula*. (Siglo Veintiuno Editores Argentina S.A., Ed.) (1º). Buenos aires. Retrieved from <http://www.sigloxxieditores.com.ar/fichaLibro.php?libro=978-987-629-505-5>
- Dialnet. (2021). dialnet.unirioja. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es>
- Díaz-Rincón, B. (2006). Definición, orígenes y evolución de la dislexia. *Papeles Salmantinos de Educación*, 141–162.
- Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M., Deutsch, G. K., Hernandez, A., Fox, G. R., & Wandell, B. A. (2007). Temporal-callosal pathway diffusivity predicts phonological skills in children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(20), 8556 LP – 8561. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608961104>
- e-Libro. (2021). e-Libro. Retrieved from <https://elibro.net/es/lc/usj/inicio>
- ebiblio Aragon. (2021). eBiblio. Retrieved from <https://aragon.ebiblio.es>
- Eckert, M. (2004). Neuroanatomical markers for dyslexia: a review of dyslexia structural imaging studies. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, *10*(4), 362–371. <https://doi.org/10.1177/1073858404263596>
- Eckert, M. A., Leonard, C. M., Richards, T. L., Aylward, E. H., Thomson, J., & Berninger, V. W. (2003). Anatomical correlates of dyslexia: frontal and cerebellar findings. *Brain: A Journal of Neurology*, *126*(Pt 2), 482–494. <https://doi.org/10.1093/brain/awg026>
- Eden, G. F., Jones, K. M., Cappell, K., Gareau, L., Wood, F. B., Zeffiro, T. A., ... Flowers, D. L. (2004). Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia. *Neuron*, *44*(3), 411–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.10.019>
- Fernández Domínguez, J. J. (2021). El proceso lector: implicaciones y contribuciones de la neurociencia y la neuroeducación. *Revista Internacional de Apoyo a La Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, *7*(1), 92–103. <https://doi.org/10.17561/riai.v7.n1.6>
- Fischer, K. W. (2009). Mind, Brain, and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching1. *Mind, Brain, and Education*, *3*(1), 3–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2008.01048.x>



- Fisher, Francks, C., Marlow, A. J., MacPhie, I. L., Newbury, D. F., Cardon, L. R., ... Monaco, A. P. (2002). Independent genome-wide scans identify a chromosome 18 quantitative-trait locus influencing dyslexia. *Nature Genetics*, *30*(1), 86–91. <https://doi.org/10.1038/ng792>
- Fisher, S. E., Marlow, A. J., Lamb, J., Maestrini, E., Williams, D. F., Richardson, A. J., ... Monaco, A. P. (1999). A quantitative-trait locus on chromosome 6p influences different aspects of developmental dyslexia. *American Journal of Human Genetics*, *64*(1), 146–156. <https://doi.org/10.1086/302190>
- Fuerst, D. R. (2008). Learning Disabilities: From Identification to Intervention. *Child Neuropsychology*, *14*(3), 286–288. <https://doi.org/10.1080/09297040701455171>
- Gaab, N., Gabrieli, J. D. E., Deutsch, G. K., Tallal, P., & Temple, E. (2007). Neural correlates of rapid auditory processing are disrupted in children with developmental dyslexia and ameliorated with training: an fMRI study. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *25*(3–4), 295–310.
- Gabrieli, J. D. E. (2009). Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science (New York, N.Y.)*, *325*(5938), 280–283. <https://doi.org/10.1126/science.1171999>
- Gayán-Guardiola, J. (2001). La evolución del estudio de la dislexia. *Anuario de Psicología / The UB Journal of Psychology*, *32*(1), 3–30.
- Gayán, J., Smith, S. D., Cherny, S. S., Cardon, L. R., Fulker, D. W., Brower, A. M., ... DeFries, J. C. (1999). Quantitative-trait locus for specific language and reading deficits on chromosome 6p. *American Journal of Human Genetics*, *64*(1), 157–164. <https://doi.org/10.1086/302191>
- Giraldo-Chica, M., Hegarty, J. P., & Schneider, K. A. (2015). Morphological differences in the lateral geniculate nucleus associated with dyslexia. *NeuroImage: Clinical*, *7*, 830–836. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.03.011>
- Gómez-Jiménez, Ó. (2021). La atención a la diversidad en España: de la ley general de educación a la LOMLOE. *Revista Inclusiones*, *8 num Espe*, 463–480.
- Google. (2021). scholar.google.
- Gori, S., Seitz, A. R., Ronconi, L., Franceschini, S., & Facoetti, A. (2016). Multiple Causal Links Between Magnocellular-Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *26*(11), 4356–4369. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv206>
- Grigorenko, E. L., Wood, F. B., Meyer, M. S., Pauls, J. E., Hart, L. A., & Pauls, D. L. (2001). Linkage studies suggest a possible locus for developmental dyslexia on chromosome 1p. *American Journal of Medical Genetics*, *105*(1), 120–129.
- Hendren, R. L., Haft, S. L., Black, J. M., White, N. C., & Hoesft, F. (2018). Recognizing psychiatric comorbidity with reading disorders. *Frontiers in Psychiatry*, *9*(MAR). <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00101>
- Hernández Fernández, A., & De Barros, C. (2015). *Fundamentos para una educación inclusiva*. (Olélibros, Ed.). Valencia.
- Hoesft, F., McCandliss, B. D., Black, J. M., Gantman, A., Zakerani, N., Hulme, C., ... Gabrieli, J. D. E. (2011). Neural systems predicting long-term outcome in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(1), 361–366. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008950108>
- Hoesft, F., Meyler, A., Hernandez, A., Juel, C., Taylor-Hill, H., Martindale, J. L., ... Gabrieli, J. D. E. (2007). Functional and morphometric brain dissociation between dyslexia and reading ability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(10), 4234 LP – 4239. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609399104>
- Howard-Jones, P. A., Varma, S., Ansari, D., Butterworth, B., De Smedt, B., Goswami,

- U., ... Thomas, M. S. C. (2016). The principles and practices of educational neuroscience: Comment on Bowers (2016). *Psychological Review*, *123*(5), 620–627. <https://doi.org/10.1037/rev0000036>
- Krafnick, A. J., Flowers, D. L., Napoliello, E. M., & Eden, G. F. (2011). Gray matter volume changes following reading intervention in dyslexic children. *NeuroImage*, *57*(3), 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.062>
- Kronbichler, M., Wimmer, H., Staffen, W., Hutzler, F., Mair, A., & Ladurner, G. (2008). Developmental dyslexia: gray matter abnormalities in the occipitotemporal cortex. *Human Brain Mapping*, *29*(5), 613–625. <https://doi.org/10.1002/hbm.20425>
- Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drottar, M., Sliva, D. D., Smith, S., ... Gaab, N. (2017). White Matter Alterations in Infants at Risk for Developmental Dyslexia. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *27*(2), 1027–1036. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv281>
- Leonard, C. M., Eckert, M. A., Lombardino, L. J., Oakland, T., Kranzler, J., Mohr, C. M., ... Freeman, A. (2001). Anatomical risk factors for phonological dyslexia. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *11*(2), 148–157. <https://doi.org/10.1093/cercor/11.2.148>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, *340*, de 30 de diciembre de 2013, 122868 a 122953. Recuperado de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264)
- Lipina, S. J. (2016). Introducción Actualizaciones en neurociencia educacional. *Propuesta Educativa*, *2*(46), 6–13. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=403049783002>
- Llopis Paret, A. M., Fernandez Baroja, F., & Pablo Marco, C. de. (2020). *La Dislexia: origen, diagnostico y recuperacion* (19º). Editorial CEPE. Retrieved from <https://elibro.net/es/lc/usj/titulos/153570>
- López-Escribano, C. (2007). Contributions of neuroscience to the diagnosis and educational treatment of developmental dyslexia. *Revista de Neurologia*, *44*(3), 173–180. <https://doi.org/10.33588/rn.4403.2005666>
- López Sánchez, L. (2019). *Detección temprana de la dislexia basada en el modelo de respuesta a la intervención*. Universidad de la laguna. Retrieved from [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14610/Deteccion temprana de la dislexia basada en el Modelo de repuesta a la intervencion.pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14610/Deteccion%20temprana%20de%20la%20dislexia%20basada%20en%20el%20Modelo%20de%20respuesta%20a%20la%20intervencion.pdf?sequence=1)
- Lozoya Meza, E., Amaya Gutiérrez, S., & Lozoya Ocegueda, R. (2018). La neurociencia cognitiva en la formación inicial de docentes Investigadores Educativos. *Ciencia y Educación*, *2*(3), 11–25. <https://doi.org/10.22206/cyed.2018.v2i3.pp11-25>
- Marina, J. A., & Pellicer, C. (2015). *La inteligencia que aprende. La inteligencia ejecutiva explicada a los docentes*. (S. L. Santillana Educación, Ed.), *Angewandte Chemie International Edition* (Vol. 6). España.
- Menghini, D., Carlesimo, G. A., Marotta, L., Finzi, A., & Vicari, S. (2010). Developmental dyslexia and explicit long-term memory. *Dyslexia (Chichester, England)*, *16*(3), 213–225. <https://doi.org/10.1002/dys.410>
- Miles, T. R., & Miles, E. (2005). *Dislexia perspectivas, evolución y controversias*. (Trillas, Ed.) (1 edición). Sevilla.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2012). La atención al alumnado con dislexia en el sistema educativo en el contexto de las necesidades específicas de apoyo educativo. *Subdirección General de Documentación y Publicaciones*, 117–170. Retrieved from [https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO26768/atencion\\_alumnado\\_dislexia.pdf](https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO26768/atencion_alumnado_dislexia.pdf)
- Montero, I., & León, O. G. (2002). Clasificación y descripción de las metodologías de

- investigación en Psicología 1. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, Vol. 2(Nº 3), 503–508.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación, solo se puede aprender aquello que se llama*. (Alianza editorial, Ed.). Madrid.
- Mora, F. (2018). *Mitos y verdades del cerebro*. (Ediciones Paidós, Ed.) (Primera ed). Barcelona.
- Mora, F. (2020). *Neuroeducación y lectura de la emoción a la comprensión de las palabras*. (Alianza editorial, Ed.) (1º). Madrid.
- Moreno-Rebato, M. (2018). *Dislexia: regimen Juridico*. Dykinson. Retrieved from <https://elibro.net/es/lc/usj/titulos/113310>
- Moreno de Benito, A. (2019). *Propuesta de intervención educativa en un caso de dislexia en educación secundaria*. Universidad internacional de La Rioja.
- Müller-Axt, C., Anwander, A., & von Kriegstein, K. (2017). Altered Structural Connectivity of the Left Visual Thalamus in Developmental Dyslexia. *Current Biology : CB*, 27(23), 3692-3698.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.10.034>
- Nopola-Hemmi, J., Myllyluoma, B., Haltia, T., Taipale, M., Ollikainen, V., Ahonen, T., ... Widén, E. (2001). A dominant gene for developmental dyslexia on chromosome 3. *Journal of Medical Genetics*, 38(10), 658–664. <https://doi.org/10.1136/jmg.38.10.658>
- OCDE. (2009). *La comprensión del cerebro: El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. (Universidad Católica Silva Henríquez (UCSH), Ed.). Paris. <https://doi.org/10.1787/9789567947928-es>
- Ortiz, T. (2018). *Neurociencia en la escuela*. (EDICIONES SM, Ed.). Madrid.
- Peixoto, C. B., Murta, C. A., Machado, J. G. S., & Lopes-silva, J. B. (2019). Subtipos de dislexia do desenvolvimento : muito além de fonológica e de superfície. *Mosaico: Estudos Em Psicologia, Belo Horizonte*, 7(1), 75–102.
- Pontecorvo, C. (2003). *Manual de psicología de la educación*. (E. Popular, Ed.). España.
- Protopapas, A., & Parrila, R. (2018). Is dyslexia a brain disorder? *Brain Sciences*, 8(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/brainsci8040061>
- PubMed. (2021). PubMed. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
- Quintanal. (2011). La dislexia: desconocida, cuando no, ignorada. *Padres y Maestros*, (340), 16–19.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain : A Journal of Neurology*, 126(Pt 4), 841–865. <https://doi.org/10.1093/brain/awg076>
- Restrepo, G., & Calvachi-galvis, L. (2021). Neuroeducación y aprendizaje de la lectura. *Journal of Neuroeducation*, 1(2), 15–21. <https://doi.org/10.1344/joned.v1i2>
- Ripoll-Salceda, J. C., & Aguado-Alonso, G. (2016). Eficacia de las intervenciones para el tratamiento de la dislexia: Una revisión. *Revista de Logopedia, Foniatria y Audiología*, 36(2), 85–100. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2015.11.001>
- Rodríguez-Gómez, D., & Valldeoriola-Roquet, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Sánchez-domenech, I. (2018). Reinterpretando la Dislexia . Propuesta inclusiva. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78(1), 127–147.
- Sanchez Merchan, M. L. (2013). *Dislexia: un enfoque multidisciplinar*. ECU. Retrieved from <https://elibro.net/es/lc/usj/titulos/62319>
- Santiuste Bermejo, V., & López Escribano, C. (2005). Nuevos aportes a la intervención en las dificultades de lectura. *Universitas Psychologica*, 4(1), 13–22.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski,

- P., ... Gore, J. C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52(2), 101–110. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(02\)01365-3](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(02)01365-3)
- Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2005). Dyslexia (specific reading disability). *Biological Psychiatry*, 57(11), 1301–1309. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.01.043>
- Shaywitz, & Shaywitz. (2020). *Overcoming dyslexia*. (Vintage Books, Ed.) (Second Edi). New York.
- Sietske, van V., H., de B. E., Mathilde, V., Evelien, K., Ben, M., Aryan, van der L., & F., de J. P. (2017). Delayed Early Vocabulary Development in Children at Family Risk of Dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(4), 937–949. [https://doi.org/10.1044/2016\\_JSLHR-L-16-0031](https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-16-0031)
- Silva, C. (2020). Diverlexia. Retrieved from <https://www.diverlexia.com>
- Simos, P. G., Fletcher, J. M., Bergman, E., Breier, J. I., Foorman, B. R., Castillo, E. M., ... Papanicolaou, A. C. (2002). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology*, 58(8), 1203–1213. <https://doi.org/10.1212/wnl.58.8.1203>
- Slavin, R., Lake, C., Davis, S., & Madden, N. (2011). Effective programs for struggling readers: A best-evidence synthesis. *Educational Research Review*, 6, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.07.002>
- Soriano-Ferrer, M., & Piedra Martínez, E. (2017). Una revisión de las bases neurobiológicas de la dislexia en población adulta. *Neurología*, 32(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2014.08.003>
- Valdivieso-Guardia, S. D. (2017). *Neuroeducación*. Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho.”
- Varma, S., McCandliss, B. D., & Schwartz, D. L. (2008). Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational Researcher*, 37(3), 140–152. <https://doi.org/10.3102/0013189X08317687>
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(2), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.12.003>
- Wang, Y., Mauer, M. V., Raney, T., Peysakhovich, B., Becker, B. L. C., Sliva, D. D., & Gaab, N. (2017). Development of Tract-Specific White Matter Pathways During Early Reading Development in At-Risk Children and Typical Controls. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 27(4), 2469–2485. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw095>
- Ylinen, S., & Kujala, T. (2015). Neuroscience illuminating the influence of auditory or phonological intervention on language-related deficits. *Frontiers in Psychology*, Vol 6(Article 137), 1664–1078. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00137>



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Gráfica de cómo algunas de las diferentes escrituras difieren tanto en su granularidad como en su grado de transparencia partiendo de la misma palabra, ojo (Dehaene, 2015). .....	- 7 -
<b>Figura 2.</b> En esta figura podemos observar las distintas partes del cerebro involucradas en la lectura (Dehaene, 2015). .....	- 9 -
<b>Figura 3.</b> Podemos ver como la organización de las áreas visuales difiere entre un niño con buena capacidad de lectura y uno disléxico. En los buenos lectores podemos ver que el área visual de las palabras está bien desarrollada, la verde. En los disléxicos nos vemos esta especialización para las palabras escritas y también podemos apreciar como hay una activación mucho más débil en las caras del hemisferio derecho (Dehaene, 2013). .-	- 10 -
<b>Figura 4.</b> En esta imagen de un cerebro disléxico podemos observar pequeños cúmulos de neuronas que no migraron correctamente por la corteza durante el desarrollo de estas y se concentra en las áreas de lenguaje hablado, generando sutiles anomalías del código fonológico, en resumen no permitiendo que la lectura se desarrolle de manera usual (Dehaene, 2015). .....	- 11 -
<b>Figura 5.</b> Diagrama de lectura de palabras en voz alta en cascada, ruta léxica (rojo), subléxica (verde) y la ruta léxica fonológico-semántica (amarillo) (Benedet, 2013).-	- 13 -
<b>Figura 6.</b> Línea temporal de los principales hitos en la investigación de la dislexia (Elaboración propia). .....	- 15 -
<b>Figura 7.</b> Esquema de las diferentes comorbilidades de la dislexia (Elaboración propia). .....	- 21 -
<b>Figura 8.</b> Muestra el porcentaje de cada tipo de documento empleado en la redacción de este trabajo (Elaboración propia). .....	- 38 -
<b>Figura 9.</b> Muestra el porcentaje de documentos empleados en esta revisión crítica que contenían cada una de las palabras clave empleadas (Elaboración propia). .....	- 40 -
<b>Figura 10.</b> Proceso de recopilación y selección de los documentos finales para la revisión crítica (Elaboración propia). .....	- 41 -
<b>Figura 11.</b> En esta gráfica de barras se muestra por años el número de artículos consultados para la realización de esta revisión crítica (Elaboración propia). .....	- 42 -
<b>Figura 12.</b> En esta imagen podemos ver la trayectoria a través de los años de una persona disléxica y una persona sin dificultad de lectura. En el eje vertical tenemos los puntajes de las pruebas de lectura y en el eje horizontal la edad en años de los pacientes. Se puede observar como en ambos casos con el tiempo mejora la puntuación de lectura. Sin embargo la brecha existente entre los lectores disléxicos y no disléxicos permanece intacta. Por esto podemos decir que la dislexia es un déficit y no un retraso en el desarrollo (S. E. Shaywitz y Shaywitz, 2005). .....	- 45 -
<b>Figura 13.</b> En esta imagen de tractografía se puede ver el fascículo arqueado o inferior derecho e izquierdo (Raf y Laf). Los fascículos longitudinales superiores derecho e izquierdo (Rslf y Lslf) y el tapetum del cuerpo calloso (Ta) (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021). .....	- 47 -
<b>Figura 14.</b> Efecto Mateo, por el cual un niño, que tiene dificultades de lectura, comienza teniendo pequeña diferencia con sus compañeros y acaba con una mucho mayor debido a que cada vez lee menos porque le cuesta (Restrepo y Calvachi-galvis, 2021). .....	- 47 -
<b>Figura 15.</b> En esta imagen podemos comparar como en el cerebro sano se activa el hemisferio izquierdo, que son los sistemas neuronales encargados de la lectura. Esto no ocurre sin embargo en el cerebro disléxico donde se activa tanto el hemisferio derecho como el frontal izquierdo (Shaywitz y Shaywitz, 2020). .....	- 51 -

**Figura 16.** Este gráfico presenta un modelo de la participación necesaria para que haya un sistema de enseñanza integral que busque la mejora del desarrollo cerebral y el perfeccionamiento de los procesos educativos (Ortiz, 2018). ..... - 55 -

**Figura 17.** Gráfica donde podemos ver que ámbitos de la investigación neurocientífica tiene una mayor aplicabilidad en el aula (Carballo, 2019). ..... - 62 -

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	- 20 -
<b>Tabla 2</b> .....	- 22 -
<b>Tabla 3</b> .....	- 31 -
<b>Tabla 4</b> .....	- 32 -
<b>Tabla 5</b> .....	- 39 -