



E. U. DE EDUCACIÓN Y TURISMO

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN MAESTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

PORTADA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE EDUCACIÓN Y TURISMO Y DE ÁVILA

TRABAJO FIN DE GRADO EN MAESTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Cerebelo y lectura: un enfoque desde la neurociencia.

AUTOR: Ana Isabel Saborido Martín

Ávila, 2 de julio de 2018

ÍNDICE

1-	INTRODUCCIÓN	3
2-	NEUROCIENCIA Y LENGUAJE	4
3-	EL CEREBELO	10
4-	LENGUAJE ESCRITO	14
	4.1. La lectura. ¿Qué es leer?	17
	4.2. El aprendizaje de la lectura	24
	4.3. La escritura ¿Qué es escribir?	27
	4.4. El aprendizaje de la escritura	32
5-	CEREBELO Y LENGUAJE ESCRITO	34
	5.3. Dificultades de aprendizaje en el lenguaje escrito	38
6-	CONCLUSIONES	44
7-	BIBLIOGRAFÍA	47

1- INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo fin de grado es realizar una revisión bibliográfica que nos permita comprender el papel que juega el cerebelo en el desarrollo, adquisición y puesta en marcha del lenguaje escrito.

Teniendo en cuenta, por un lado, que somos personas relacionadas con el ámbito educativo, y que, por otro, ahora somos competentes en la lectura y la escritura- no podemos olvidar que una vez no lo fuimos- verdaderamente a quién no le inquietan preguntas como ¿qué es lo que hacemos para decodificar y producir lenguaje escrito?, ¿cómo comenzó todo?, dado que nuestras acciones las realiza nuestro cerebro, ¿qué partes de esta estructura son capaces de realizar algo así? ¿quiénes son los principales responsables? ¿qué hechos se tuvieron que dar para que tuviera lugar este fenómeno? ¿cómo unos niños de apenas siete y ocho años son capaces de poner en marcha mecanismos que a la humanidad le costó miles de años? ¿por qué en ocasiones surgen complicaciones con este aprendizaje? Estos y muchos más interrogantes son los que nos han motivado a la realización de este fin de grado, contando además con la particularidad de que se pretende poner de relieve una estructura olvidada en el estudio de procesos cognitivos, como es el cerebelo, pues tal y como se detallará, encontramos escasas investigaciones que se hayan interesado en la vinculación existente entre cerebelo y el lenguaje escrito.

De este modo, para la consecución del objetivo planteado, debemos destacar un dato fundamental, pues se ha tomado una perspectiva o enfoque neurocientífico, ya que se trata una disciplina capaz de ofrecer respuestas objetivas y avaladas al respecto, para ello en el primer apartado se abordan las conexiones entre lenguaje y neurociencia resaltando en todo momento las aportaciones que ésta nos ofrece para la comprensión de las bases anatómicas y funcionales que sustentan el lenguaje escrito. Asimismo, en este apartado se reflexiona sobre un hecho crucial, básico para comprender la mecánica de este trabajo, pues si tenemos en cuenta que formamos parte de la corriente de recientes titulados en materia de educación, no debemos encontrar cabida a ésta última sin neurociencia, pues no conviene concebir que se pueda transformar (el cerebro de los niños con nuestra instrucción y modo de enseñanza) algo que no conocemos, debemos ser conscientes del material frágil que supone trabajar con aquello que determinara, en todo caso, su desarrollo y evolución como personas.

Una vez analizado este apartado, pasaremos al conocimiento exhaustivo del cerebelo, donde se atenderán cuestiones como qué es, qué partes tiene, cómo se desarrolla y las funciones que cumple como una estructura fundamental en el encéfalo, para después dar paso al lenguaje escrito, donde se abordarán de forma minuciosa en qué consiste este proceso, ayudándonos de algunos de los modelos más representativos que vienen de la mano de la psicología cognitiva. Y, por último, en el punto vertebrador del documento, se analizarán los hallazgos existentes, hasta el momento, sobre la implicación del cerebelo y el lenguaje escrito, ya que ésta siempre ha sido una estructura encefálica que se ha posicionado en un segundo plano a la hora de la ejecución de procesos cognitivos, pues la principal protagonista era la corteza cerebral, sin embargo, recientemente está alcanzando gran popularidad por sus increíbles características y conexiones con la misma.

2- NEUROCIENCIA Y LENGUAJE

En este apartado del presente documento comenzaremos haciendo una breve alusión a la neurociencia y al lenguaje, de este modo comenzaremos planteándonos algunas cuestiones que revisten interés de acuerdo al objetivo que nos planteábamos al comienzo del trabajo, pues ¿guardarán algún tipo de relación estas disciplinas? ¿recibirán aportaciones una de la otra? A continuación, intentaremos resolver estas cuestiones y además someteremos a debate si debe haber una correspondencia entre la escuela (lugar donde ocurren aprendizajes relacionados, en este caso, con el lenguaje) y la ciencia.

En primer lugar, se hace necesario explicitar a qué hace referencia la neurociencia, así podemos establecer que es la ciencia que estudia las estructuras anatómicas, los procesos fisiológicos, las funciones, el desarrollo, entre otras cuestiones, del Sistema Nervioso, es decir, estudia dicho fenómeno desde diferentes puntos de vista (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

Asimismo, cabe hacer una especial mención al fenómeno del lenguaje el cual es difícil de definir ya que son muchos autores los que se postulan, así una de las grandes definiciones viene dada por Whorf (1956) que afirma que el lenguaje es una herramienta determinante en nuestro pensamiento. También encontramos a Clemente (1995) que establece que el lenguaje es una capacidad innata del ser humano la cual no todos aprendemos igual, por lo que surgen diferentes variaciones en su aprendizaje. Y, por

último, haciendo referencia a Bosch, Colomé, Diego-Balaguer y Rodríguez-Fornells (2013), el lenguaje es una capacidad de los seres humanos para transmitir y organizar su forma de pensar, todo ello puesto en marcha gracias a un conjunto de signos y/o de sonidos, formando parte de los procesos psicológicos superiores que nos permiten interactuar con nuestro entorno y que tienen relación con el desarrollo cognitivo de los humanos.

Ahora, es preciso realizar una breve distinción entre lenguaje oral y lenguaje escrito pues a pesar de que el lenguaje englobe a ambos, encontramos grandes diferencias entre ellos, en cambio, debido a que el presente documento hará especial hincapié en el lenguaje escrito en el apartado número cuatro, a continuación se hará una mención especial al lenguaje oral, pues no debemos olvidar que se trata de la base en la que se apoya la lectura y la escritura con lo que es conveniente tener un conocimiento acerca de este.

El lenguaje oral ha convivido durante décadas con las teorías innatistas promovidas por Chomsky (1965-1988) en las que fueron aceptadas ideas como la de que el ser humano poseía una capacidad innata para el lenguaje, minimizando el papel del ambiente durante los primeros años de vida para su correcto desarrollo. En cambio, estudios posteriores ayudan a que estas ideas las vayamos dejando atrás, pues hoy en día, todos conocemos que la lengua solo se puede aprender escuchándola y hablándola (Blakemore y Frith, 2007). Sin embargo, en relación a lo antedicho, es innegable la gran disposición o capacidad para el lenguaje que tienen los bebés desde el momento del nacimiento, tanto es así que poseen preferencias atencionales hacia la voz humana e incluso durante los primeros diez meses de vida se consideran “oyentes universales”, es decir, que son capaces de procesar los contrastes que aparecen en todas las lenguas. Esto nos lleva a la idea aceptada en la comunidad científica de que el lenguaje oral cuenta con un preprograma biológico que los seres humanos traemos “de serie”, este preprograma es tal que viene determinado con unas áreas cerebrales específicas que se desarrollaran para dar lugar y cabida al lenguaje, el cual, cabe destacar que, no resta importancia a las primeras interacciones del niño con el lenguaje, pues establecen a su vez, que sin el ambiente el programa no funcionaría de forma correcta (Meyer, 2016).

Sin embargo, el lenguaje escrito no cuenta con un preprograma o con una base biológica que nos disponga ni nos facilite el aprendizaje del mismo, de este modo la

enseñanza debe ser completamente explícita e intencional a diferencia de lo que ocurre con el lenguaje oral; así a pesar de que compartan áreas cerebrales que se ponen en funcionamiento con la puesta en marcha de ambos, éste no cuenta con unas áreas específicas en la corteza para su desarrollo, sino que lo que ocurre es que el cerebro realiza un reciclado de otras áreas existentes para dar cabida a la lectura y a la escritura, como por ejemplo el giro angular o supramarginal (Blakemore y Frith, 2007) (Figura 1).

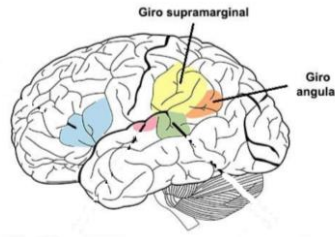


Figura 1: Giro angular y supramarginal (extraído y modificado de <http://tucuerpohumano.com/c-sistema-nervioso/giro-angular/>)

Ahora llega el momento de preguntarnos, entonces ¿por qué acudir a la ciencia para entender el lenguaje? ¿es una buena opción respaldarnos en ella para explicar en qué consiste este fenómeno? La neurociencia nos ofrece un conocimiento fundamental que no es otro que las bases neurobiológicas y neurocognitivas en las que se apoya el lenguaje, las cuales serán abordadas a continuación (es importante resaltar que se ofrecen unas ideas básicas y/o generales acerca de la organización del sistema nervioso central con el fin de comprender cómo se organiza el lenguaje de forma general, pues la organización del lenguaje escrito se abordará en el apartado número cuatro).

El Sistema Nervioso cuenta con dos subtipos de sistemas, que son el central (SNC) y el periférico. En este caso, centrándonos en el SNC, es necesario resaltar que es capaz de recibir y procesar datos que se originan en los sistemas sensoriales, con el fin de ofrecer una respuesta adaptativa, siendo además el especial responsable de nuestra vida cognitiva. Éste engloba el encéfalo y la médula espinal, sin embargo, haremos referencia al encéfalo ya que es aquí donde se encuentran las estructuras que organizan el lenguaje (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015 y Redolar 2013).

El encéfalo, es la estructura más reciente de nuestro Sistema Nervioso y se caracteriza por ser la sede de las funciones psicológicas superiores. Encontramos las siguientes

estructuras que lo componen (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015 y Redolar 2013) (Figura 2):

- Cerebro: es la zona con mayor masa del encéfalo. Se encuentra formado por dos hemisferios cerebrales (derecho e izquierdo) perfectamente diferenciados anatómicamente y estructuralmente (los cuáles controlan la parte contraria del cuerpo). Cuenta con la corteza cerebral, que es la parte exterior del cerebro, la cual posee las típicas circunvoluciones, cisuras o surcos, y además con diferentes lóbulos cerebrales:

- Lóbulos frontales: caracterizados por las funciones motoras, de programación del habla, funciones ejecutivas y de control emocional.
- Lóbulos parietales: encargados del procesamiento sensorial, integración perceptiva, orientación espacial, memoria y cognición.
- Lóbulos occipitales: encargados del procesamiento visual.
- Lóbulos temporales: encargados del procesamiento auditivo y del lenguaje (en el hemisferio izquierdo en la mayoría de los casos).

- Ganglios basales: son unos núcleos interconectados encargados de procesar y modular la actividad motora. Participan en funciones relacionadas con el tono muscular y la regulación motora.

- Diencefalo: se encuentra formado por una serie de estructuras situadas en el núcleo central del encéfalo, de las cuales destacaremos el tálamo ya que interviene en el habla, y el subtálamo ya que desempeña funciones motoras.

- Cerebelo: es una estructura plegada similar al cerebro pues cuenta con dos hemisferios. Tiene una gran implicación en el lenguaje oral ya que se trata de un mecanismo de control motor, sin embargo, respecto a su implicación en el lenguaje escrito nos adentraremos en esta estructura con detalle en apartados siguientes del documento.

- Tronco del encéfalo: es una estructura que conecta el encéfalo con la médula espinal, formado por otras tres estructuras: mesencéfalo, protuberancia y bulbo raquídeo.

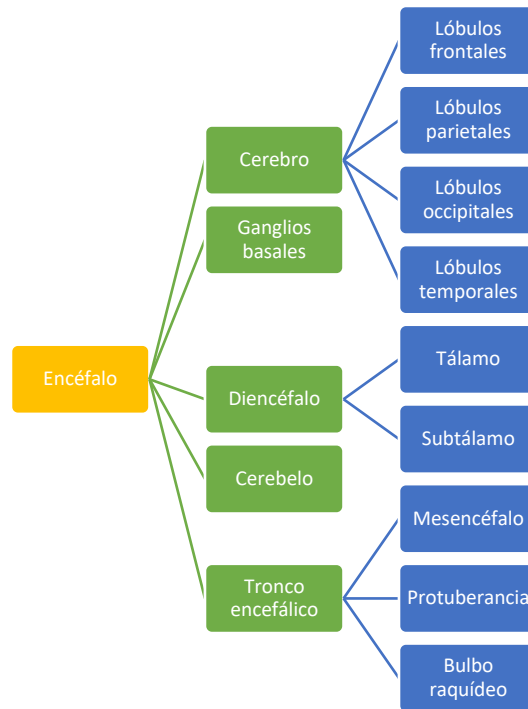


Figura 2. Estructuras principales del encéfalo (elaboración propia)

Centrándonos en el lenguaje oral, debemos atender al reciente aceptado modelo que nos acerca al conocimiento sobre las áreas cerebrales implicadas en dicho lenguaje, que viene dado por los autores Hickok y Pöeppel (2004), los cuales, a grandes rasgos, establecen que existen dos rutas del lenguaje, una dorsal y otra ventral. La primera por su parte, hace referencia a zonas posteriores del lóbulo temporal y frontal, así como el giro angular; su función principal sería procesar el lenguaje con el fin de ser capaz de articular y construir el habla. Por otro lado, la ruta ventral hace referencia a zonas temporales superiores y medias (que antes no habían sido previstas para estas funciones) y tendría la función de comprensión y acceso al significado de palabras. (Figura 3).

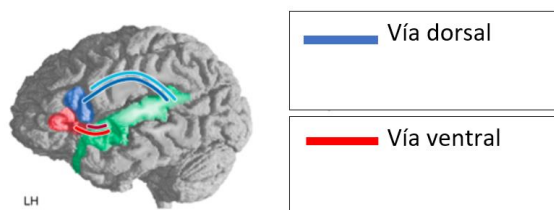


Figura 3: Vías dorsal y ventral según el modelo de Hickok y Pöeppel (2004) (extraído y modificado de: <http://onpub.cbs.mpg.de/structural-connections-between-language-cortices.html>).

Por último, es necesario hacer referencia a dos de los sistemas sensoriales de integración con los que cuenta nuestro encéfalo que permiten el lenguaje, esta vez a nivel oral y escrito. Por un lado, encontramos el sistema auditivo (base del lenguaje oral gracias al oído) y por otro el sistema visual (base del lenguaje escrito gracias a la retina).

Una vez que contamos con las bases generales que la neurociencia aporta al conocimiento del lenguaje, tanto oral como escrito, es fundamental destacar que se han puesto de relieve los cimientos neurológicos del lenguaje oral fundamentalmente porque a pesar de que el presente documento otorgue mayor importancia al lenguaje escrito (en párrafos futuros en mayor medida), es necesario conocer el lenguaje oral pues como se ha adelantado es la base y fundamento para el desarrollo de la lectura y de la escritura.

Ahora, es importante tener en cuenta una idea fundamental, que nos atañe en el ámbito de la educación, y que en este caso se encuentra íntimamente relacionada con el lenguaje escrito. Hemos declarado anteriormente que para la enseñanza del lenguaje oral no es necesaria una instrucción explícita o intencional, sino que con la mera interacción es, a priori, suficiente; sin embargo, también reparábamos en la diferencia con el lenguaje escrito ya que éste al no contar con una pre-programación biológica que nos oriente en su aprendizaje, se hace necesaria una instrucción completamente diferente y explícita (Blakemore y Frith, 2007 y Morais, 1994). Entonces, relacionando esta premisa con las aportaciones de la neurociencia para comprender mejor el desarrollo y funcionamiento de este proceso psicológico como es el lenguaje escrito, cabe pensar ¿los maestros encargados de esta importante y esencial enseñanza deben o no contar con el conocimiento que aporta la ciencia para ser capaces de ofrecer una enseñanza efectiva y basada en hechos demostrables?

Hemos de considerar que no cabe otra respuesta más que la afirmativa, es necesario apostar por una educación en la que los maestros dejen a un lado teorías implícitas y comiencen a trabajar con el conocimiento científico para enmarcar su acción docente, pues la neurociencia no solo nos ofrece conocimiento para fundamentar una metodología u otra con niños que siguen el patrón típico de normalidad, sino que, además atiende a ese tanto por ciento de población infantil que sufre dificultades de aprendizaje, pues con sus postulados podemos enmarcar el diagnóstico pertinente y comenzar con las estrategias de intervención más eficaces para cada caso.

Estableciendo una pequeña recapitulación de lo expuesto en este apartado, es necesario resaltar que, para la mejor comprensión de fenómenos complejos que realiza nuestro cerebro, como es el lenguaje, es necesario acudir a la ciencia, más concretamente a la neurociencia -y dentro de ella a la neuropsicología- ya que sin ella no contaríamos con el aval más importante, la seguridad de que conocemos con el mayor detalle posible la realidad acerca de cómo se comporta nuestro cerebro, la máquina más perfecta que existe y que nos define como seres humanos.

3- EL CEREBELO

Este apartado será dedicado por completo al estudio del cerebelo, comenzaremos detallando cómo se origina, cuál es su desarrollo, sus partes y posteriormente detallaremos algunas de las funciones principales que ejerce, aunque cabe resaltar que no se profundizarán sus funciones en materia del lenguaje escrito ya que, para ello, antes debemos conocer qué es la lectura y la escritura, cosa que se detallará en el siguiente apartado.

¿Cómo surge el cerebelo? Es necesario remontarnos al comienzo de todo, el momento de la concepción. Cuando tiene lugar la unión del óvulo con el espermatozoide se forma el cigoto, el cual tiene una característica esencial, la capacidad de subdivisión y a partir de ésta tiene lugar una pequeña invaginación que dará lugar a tres capas esenciales del embrión: ectodermo, mesodermo y endodermo; en este caso centraremos la atención en la capa ectodérmica pues a partir de ella surge la estructura cerebelosa (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015) (figura 4):

- Ectodermo: es la capa más externa a partir de la cual surge la placa neural (a los cuarenta días de gestación). Ésta última da lugar al tubo neural que se encuentra lleno de líquido (lo que será líquido encéfalo-raquídeo), y sus extremos se subdivide en otras tres partes:
 - Prosencéfalo: dará lugar al telencéfalo (que luego formará los hemisferios cerebrales) y al diencefalo.
 - Mesencéfalo: perdurará en el tiempo formando la parte más alta del encéfalo.

- Rombencéfalo: dará lugar al metencéfalo (que luego formará la protuberancia y el cerebelo) y mielencéfalo (que luego formará el bulbo raquídeo).

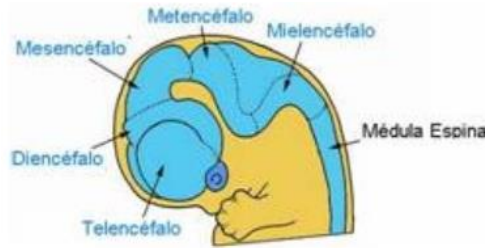


Figura 4: Desarrollo evolutivo a partir del ectodermo (extraído de: <http://biologia-amaliasobera.blogspot.com/2012/04/embriologia.html>).

De este modo, una vez que conocemos cuál es el proceso de surgimiento del cerebelo como una estructura principal de nuestro encéfalo, cabe resaltar que el cerebelo es, por tanto, una estructura cerebelar subcortical que se encuentra profundamente plegada en la parte posterior del cerebro, de este modo, junto con el tronco, ocupan la fosa posterior del cráneo. En los seres humanos representa el 10-15% del peso total cerebral, el 40% del área superficial cerebral y el 50% de las neuronas en el cerebro, además al igual que en la corteza cerebral, la sustancia gris se localiza fundamentalmente en la superficie (corteza cerebelosa) mientras que la sustancia blanca abunda en el interior. Cabe destacar que la sustancia gris hace referencia a la parte compuesta por los cuerpos neuronales y las prolongaciones de las neuronas carentes de mielina, mientras que la sustancia blanca hace referencia a la parte compuesta por las prolongaciones de las neuronas (axones) recubiertos de mielina, es decir, recubiertos por una película blanca que actúa como aislante y que además acelera el movimiento de los impulsos que reciben las neuronas (Andreotti, Birbrair, Magno, Mintz, Prazeres, y Romano-Silva, 2018 y Blakemore y Frith, 2007 y Redolar Ripoll, 2013).

Tal y como ocurre en el cerebro, en el cerebelo se distinguen dos hemisferios cerebelosos, que se encuentran separados por un agrandamiento en forma de banda longitudinal medial, denominada vermis (Andreotti, Birbrair, Magno, Mintz, Prazeres, y Romano-Silva, 2018 y Redolar Ripoll, 2013) (figura 5).



Figura 5: Vista ventral del cerebelo (extraído de:

<http://www.facultad.efn.uncor.edu/webs/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Central/Cerebelo.htm>).

Asimismo, encontramos que la estructura principal del cerebelo está formada por: la corteza cerebelosa, los núcleos cerebelosos, las fibras aferentes al cerebelo, las fibras eferentes del cerebelo y los circuitos cerebelosos (Fabbro, 2000).

- Corteza cerebelosa: se ve dividida en tres lóbulos: anterior, posterior y floculonodular, y además encontramos en ella tres capas de células neuronales (la externa o molecular, la central y la interna).
- Núcleos cerebelosos: se encuentran debajo de las tres capas celulares, más concretamente dentro de la sustancia blanca. Observamos tres: núcleo interpuesto, núcleo fastigio y núcleo dentado.
- Fibras aferentes al cerebelo: son fibras a través de las cuales el cerebelo recibe información de todas las estructuras del sistema nervioso.
- Fibras eferentes del cerebelo: son un grupo de fibras a través de las cuales el cerebelo envía información a otras estructuras del sistema nervioso.
- Circuitos cerebelosos: gracias a los dos tipos de fibras con los que cuenta el cerebelo, éste es capaz de comunicarse con el cerebro, de tal forma que el hemisferio cerebeloso derecho se encuentra conectado con el hemisferio cerebral izquierdo y viceversa.

Ahora que conocemos cómo se origina y cuáles son sus partes y estructuras más importantes, es momento de preguntarnos ¿qué conocemos acerca de las funciones que ejerce? ¿cuáles son los descubrimientos más notorios acerca de ello? Bien, pues debemos remontarnos a la antigua Grecia, pues en aquel momento empezaron a interesarse por las funciones ejercidas por el “pequeño cerebro”, e incluso Aristóteles comenzaba a

nombrarlo en sus obras. Sin embargo, uno de los primeros investigadores modernos fue el médico alemán Franz Joseph Gall (1809) ya que fue el primero en establecer un esquema cartográfico en el que tenía en cuenta el cerebelo como una parte esencial del encéfalo, pero cuando llegó Luigi Rolando (1809) en el mismo año comenzaron los descubrimientos que relacionaban el cerebelo con las acciones motoras, pues este investigador realizaba experimentos con animales que, tras inducirles una lesión cerebelosa, mostraban deterioros en la postura y en la sensibilidad. Más tarde, en el año 1896, de la mano de Ludwig Edinger vinieron los hallazgos que involucraban el cerebelo con la coordinación de movimientos, mantenimiento de tono muscular y del equilibrio, además afirmaba que la estructura cerebelosa era una de las más antiguas del encéfalo por filogenia (Fabbro, 2000).

Por tanto, hoy en día, el cerebelo se considera un servomecanismo de control motor, es decir, es una especie sede de control de demandas y respuestas motoras, así controla las eferencias y recibe proyecciones desde la corteza, articulaciones y huesos. Asimismo, se considera que contribuye en funciones como el equilibrio, la postura y el mantenimiento del tono muscular, además destaca por considerarse el coordinador de todas las respuestas motoras automatizadas, como por ejemplo el simple hecho de montar en bicicleta, de conducir, o incluso, de escribir a ordenador (Andreotti, Birbrair, Magno, Mintz, Prazeres, y Romano-Silva, 2018 y Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

¿Pero que hay al respecto de su implicación en las funciones cognitivas? ¿Tienen alguna relación? O por el contrario ¿el cerebelo no interviene en procesos cognitivos superiores? A pesar de que este tema se abordará en otro de los grandes apartados del presente documento, podemos adelantar que, efectivamente guardan una estrecha relación, así Guillermo Gowens en 1888 fue el primero que sugirió que los hemisferios cerebelosos establecerían relaciones con los procesos psicológicos ya que se encontraban conectadas principalmente con partes de la corteza cerebral que subyace a dichas funciones cognitivas. Así, es necesario destacar que ahora contamos con descubrimientos recientes que avalan esta hipótesis y que dejan en evidencia que Gowens estaba en lo cierto (Fabbro, 2000).

En definitiva, el cerebelo forma una parte esencial del encéfalo que surge a partir del rombencéfalo, sin embargo, cabe destacar que su desarrollo no termina en el momento

del nacimiento, sino que como todo el encéfalo se encuentra en desarrollo hasta el momento de la muerte, siendo el primer año de vida, para el cerebelo, un lapso de tiempo fundamental para su evolución. Asimismo, es aceptado por toda la comunidad científica que tiene una gran implicación en los actos motores, en cambio, no debemos olvidar que todo apunta a que también cumple un papel importante en los procesos psicológicos superiores como, por ejemplo, en la memoria, en la atención o en el lenguaje.

4- LENGUAJE ESCRITO

En este apartado abordaremos todas las cuestiones acerca del lenguaje escrito, en un primer momento se hará referencia al surgimiento del mismo, así como su implicación en la evolución filogenética del ser humano, y después, en los siguientes subapartados, profundizaremos en el proceso de la lectura y la escritura de forma individual con el fin didáctico de mejorar su comprensión.

El nacimiento del lenguaje escrito está íntimamente relacionado con las ciudades de Sumeria, Egipto y Creta, pues fueron los lugares donde surgieron los primeros jeroglíficos y los primeros signos de escritura. En realidad, la adquisición del lenguaje escrito es muy reciente ya que estas pioneras huellas no datan más de seis mil años, y, además, si comparamos esto con el lenguaje oral, podemos aseverar aún más nuestra afirmación, ya que éste último -el lenguaje oral- tendría lugar hace, al menos, treinta mil años, ya que a pesar de que no se conoce con exactitud la fecha, se han encontrado signos en los cerebros de los *Homo Habilis*, que apuntan a que ya contaban con el desarrollo de ciertas áreas implicadas en la comunicación lingüística. Se ha querido poner de relieve esta comparación ya que la diferencia de edad de ambos lenguajes es una de las características que oponen de forma más radical a estos dos modos de comunicación. Todo ello viene dado por una idea que ya ha sido comentada con anterioridad a lo largo del documento, en la que hacíamos referencia a que, gracias a la evolución filogenética, los seres humanos disponemos de un preprograma biológico para el lenguaje oral, sin embargo, para el lenguaje escrito es necesaria algún tipo de instrucción intencional y planificada (Morais, 1994 y Wolf, 2008).

En este sentido, cabe destacar que la forma de lenguaje escrito actual es el alfabeto, sin embargo, a lo largo de la historia hemos conocido múltiples sistemas de escritura

como el pictográfico, ideográfico, logográfico y silábico. De este modo, las capacidades lingüísticas para desarrollar un tipo de lenguaje escrito u otro son muy diferentes, siendo las exigencias más arduas las relacionadas con el sistema actual, el alfabético. Ahora bien ¿qué es el alfabeto? ¿cómo surgió? El alfabeto fue algo inventado, como el resto de sistemas de escritura, sin embargo, éste tiene una característica fundamental ya que se desarrolló en función de las nuevas necesidades otorgando especial consideración a lo que él mismo representa, los fonemas; de este modo, cuando aprendemos el sistema alfabético, estamos aprendiendo, al mismo tiempo, a representarnos los fonemas. De hecho, cuando se comenzó a incorporar el sistema alfabético el cerebro humano tuvo que incorporar, a su vez, el “principio de *rebus*” que consiste en que un símbolo deja de representar un significado para representar su sonido. Así, si afirmamos que el desarrollo del alfabeto es de alta complejidad, esta tarea se intensifica si contamos con la necesidad de manejar también el sistema ortográfico, el cual se refiere a las convenciones utilizadas para cada lengua en particular (Morais, 1994 y Wolf, 2008).

Una vez que aceptamos la complejidad de aprender un sistema alfabético, entonces cabe pensar ¿cómo lo hizo el cerebro la primera vez? ¿qué fenómenos se dieron para que un aprendizaje de tal envergadura tuviera lugar? Tenemos que remitirnos a una de las hipótesis científicas más aceptadas que vienen de la mano del neurocientífico francés Stanislas Dehaene (2016), el cual propugna que nuestra capacidad para comprender el sistema alfabético utiliza un sistema antiguo de circuitos que se encontraba especializado en el reconocimiento de objetos, es decir, apuesta porque nuestro cerebro hubiera utilizado caminos neuronales más antiguos, diseñados en un principio no solo para la visión sino para relacionar ésta con funciones lingüísticas y conceptuales. De este modo, cuando el cerebro se enfrentó a la tarea de inventar este tipo de funciones como el lenguaje escrito, utilizó tres principios de diseño:

- 1) La capacidad para realizar nuevas conexiones en estructuras ya existentes (íntimamente relacionado con la plasticidad cerebral).
- 2) La capacidad de creación de áreas especializadas para el reconocimiento de patrones de información.
- 3) La habilidad para aprender a recoger e interrelacionar información.

En otras palabras, Dehaene (2016) sugiere que nuestros antepasados utilizaron el área visual del cerebro para descifrar los primeros sistemas de lenguaje escrito mediante un sistema innato de reconocimiento, así las tres capacidades citadas anteriormente, permitieron que nuestro cerebro conectara dicha área visual con otras áreas responsables de funciones cognitivas y lingüísticas. Gracias a los estudios llevados a cabo por Poldrack y Gabrieli (2001) sabemos que esas áreas conectadas a las que se refería Dehaene, son un circuito que conectó la región angular con áreas visuales cercanas, con áreas especializadas parietales involucradas en el cálculo y unas áreas temporo-occipitales implicadas en el reconocimiento de objetos, es decir, el cerebro puso en marcha unas áreas visuales para reaccionar ante los patrones escritos, unas regiones frontales, temporales y parietales que proporcionaban información acerca de los fonemas y por último, unas áreas parietales y temporales que procesaron significados y establecieron relaciones con otras palabras (Wolf, 2008) (figura 6).

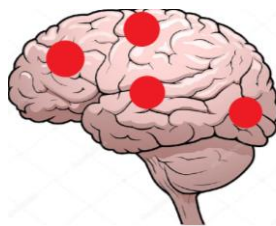


Figura 6: Áreas cerebrales implicadas en la lectura (elaboración propia a partir de Dehaene, 2016).

Haciendo referencia al importante hito de la alfabetización, es necesario resaltar la idea de que el cerebro de quien sabe leer y escribir, es muy diferente al de un individuo analfabeto, de hecho las personas alfabetizadas somos capaces de decodificar de forma automática a involuntaria cualquier texto al que seamos expuestos, e incluso se activan áreas en nuestros cerebros diferentes cuando reaccionamos ante lenguaje oral, mientras que los analfabetos cuando se enfrentan al lenguaje escrito activan áreas frontales dedicadas a la resolución de problemas, pues no cuentan con ese “reciclaje” esencial para la alfabetización (Blakemore y Frith (2007).

En definitiva, el lenguaje escrito no surgió de la nada ni por casualidad, sino que tuvieron lugar una serie de avances cognitivos y lingüísticos que exigieron un cambio en nuestro cerebro, es decir, este hito contribuyó a que cambiara por completo el desarrollo

intelectual de nuestra especie. Sin embargo, no podemos finalizar este apartado sin hacer una mención especial a una de las capacidades más extraordinarias de nuestro cerebro y gracias a la cual el lenguaje escrito -y otras muchas funciones cognitivas- tiene cabida, estamos haciendo referencia a la plasticidad cerebral, que puede entenderse, a grandes rasgos, como esa capacidad del sistema nervioso para adaptarse de forma continua a las nuevas circunstancias, representando así la posibilidad de que tenga lugar cualquier aprendizaje (Blakemore y Frith, 2007 y Wolf, 2008).

4.1. La lectura. ¿Qué es leer?

Encontramos varios autores que nos ofrecen una definición de la lectura, entre ellos Rueda (2003) establece que la lectura es una capacidad compleja en la que intervienen numerosas funciones cognitivas que atribuyen significado a un texto escrito gracias a un proceso complejo que combina elementos del texto escrito con los conocimientos previos del lector. En un sentido parecido, Sánchez (1995) afirma que se trata de un proceso en el que debemos adquirir y automatizar diversas habilidades que deben funcionar de forma ordenada, las cuales se integran en el sistema lingüístico del ser humano.

Sin embargo, tal y como establece José Morais (1994), consideramos que lo más oportuno para comprender la lectura es abordarla desde el punto de vista científico, pues éste nos muestra los diversos mecanismos cognitivos, así como los procesos de aprendizaje que subyacen a la capacidad lectora. De este modo, la comprensión del “arte de leer” debe basarse en los modelos ofrecidos desde la psicología cognitiva, que según Parkin (1999) es una rama de la psicología que estudia cómo lleva a cabo, el cerebro, funciones cognitivas complejas, como la memoria, la atención o el lenguaje, con el fin de poder proporcionar una explicación científica, así el enfoque que aporta la psicología cognitiva a la lectura es de carácter analítico, pues intenta descomponer el sistema cognitivo en otros subsistemas que hacen posibles funciones como la percepción, el reconocimiento, la adquisición y memorización de la información, la organización, la toma de decisiones, el lenguaje, entre otros (Morais, 1994). Haciendo alusión a qué podemos entender por lectura teniendo en cuenta lo expuesto, podemos decir que es una capacidad cognitiva que transforma representaciones de entrada, en otras representaciones de salida, las primeras serían de carácter visual (la palabra escrita) y las segundas son representaciones fonológicas (la pronunciación).

En esa línea cabe preguntarnos ¿qué hace nuestro cerebro para leer? ¿cuáles son los principales procesos cognitivos implicados en el acto de la lectura? Con el fin de responder a estas cuestiones con la mayor claridad posible las abordaremos por separado haciendo alusión a diversos autores y modelos explicativos que existen al respecto.

➔ ¿Qué hace nuestro cerebro para leer?

Michael Posner y Marcus Raichle (2001) realizaron diferentes estudios con técnicas de neuroimagen para observar qué hace nuestro cerebro cuando nos enfrentamos a símbolos con o sin significado, así descubrieron que cuando tenemos delante unos símbolos que nos aportan significado la actividad neuronal del cerebro se triplica (de este modo inferimos la complejidad del fenómeno de la lectura). Pero, ¿qué hace exactamente? Encontramos tres modelos que pretenden explicar el proceso (Rueda, 2003 y Wolf, 2008):

I. Modelo Logogén (Morton, 1969).

Este modelo nos explica qué hace nuestro cerebro para leer palabras que conocemos, en él resaltan dos componentes:

- Lexicón interno: es un almacén interno o diccionario en el que el sujeto tiene el conocimiento que posee de las palabras, la organización del mismo se explica gracias a los logogenes (Treiman, 1960).
- Logogén: es un dispositivo de reconocimiento de palabras que recoge información de diferentes medios; su función principal es reunir todo tipo de información que ayude a reconocer la palabra (acústico, visual y del contexto), de este modo, a medida que va recibiendo información su umbral de activación alcanza el nivel adecuado.

El proceso de búsqueda que realizaría nuestro cerebro para reconocer una palabra conocida según este modelo, en un primer momento sería el siguiente (figura 7):

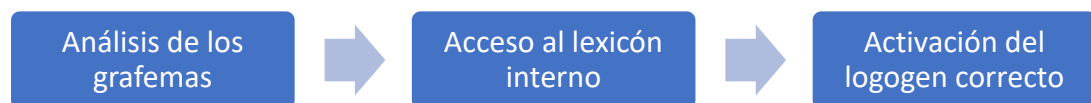


Figura 7: Primera hipótesis de Morton (1969) sobre el reconocimiento de palabras (modelo del logogén) (elaboración propia a partir de Rueda, 2003).

Sin embargo, Morton realiza una reformulación de sus hipótesis estableciendo que no sólo existe un sistema de logogenes para todo tipo de información, sino que en realidad hay dos sistemas: el sistema de logogén de entrada (visual (el que nos interesa para la lectura) y auditiva) y el sistema de logogén de salida (articulación y escritura) los cuales se encuentran relacionados con el sistema semántico, lugar donde se activa el significado de la palabra y además el de todas aquellas que se relacionan con ella (figura 8).

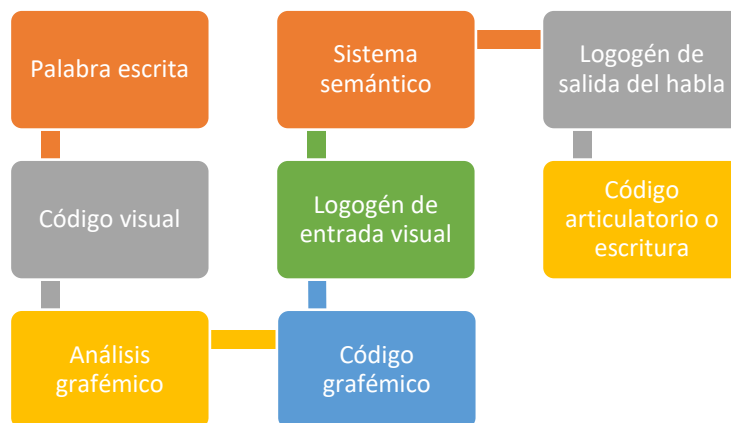


Figura 8: Sistemas de logogenes de entrada y salida para la lectura (extraído y modificado de: Ellis y Miles, 1981).

Hasta ahora conocemos qué hace nuestro cerebro cuando lee una palabra que reconoce, es decir cuando se enfrenta a una palabra conocida, pero ¿qué ocurre con las pseudopalabras o con aquellas que no conocemos o que no hemos visto nunca? ¿cómo explica el modelo del logogén este proceso? Este fue uno de los puntos débiles del modelo por el cual, además, recibió numerosas críticas, en las que sobresale la figura de Coltheart (1978). Sin embargo, para conocer qué propone este autor y cómo se puede explicar el acceso a la lectura de palabras no conocidas o pseudopalabras debemos remitirnos al modelo dual o de la doble ruta.

II. Modelo dual o de la doble ruta.

Este modelo surge por las limitaciones presentadas por el modelo anterior, en el que desataca, como adelantábamos, el neuropsicólogo australiano Coltheart (1978) que propone la existencia de dos rutas para explicar cómo un lector se enfrenta a la lectura de palabras. Por un lado, encontramos la vía léxica que tiene una relación directa con la forma visual y el significado de la palabra formada por la lectura reiterada (palabras conocidas), y por otro la vía fonológica que se sustenta por la recodificación fonológica

en las que se aplican las reglas de conversión grafema fonema, es decir, esta última vía estaría destinada a la lectura de palabras desconocidas o pseudopalabras a través de la asociación entre la letra (grafema) y su sonido (fonema). El proceso de reconocimiento de la palabra escrita, en este caso sería el siguiente (figura 9):

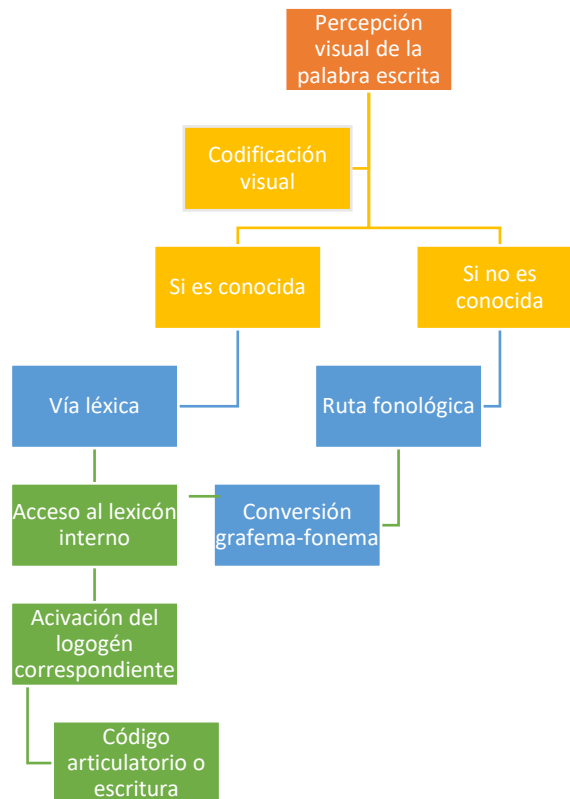


Figura 9: Acceso a la palabra escrita según el modelo de la doble ruta (elaboración propia a partir de Rueda, 2003).

Este modelo también ha sido sometido a numerosas críticas que vienen dadas por cuestiones tales como ¿es posible que el lector reconozca una palabra sin haberla visto antes? ¿cómo el lector puede obtener una representación fonológica de una palabra que no conoce y que nunca ha visto? Coltheart (1978) ofrece una explicación al respecto aportando tres alternativas posibles: la primera de ellas haciendo referencia al proceso de correspondencia entre grafema y fonema en el que se le pueden asignar a cada letra un sonido de acuerdo a las reglas existentes al respecto, de este modo no haría falta haber visto la palabra sino conocer los fonemas de la lengua así como los grafemas que los representan; la segunda alternativa está relacionada con que el análisis no se realice a través de los fonemas sino de las sílabas, así se asignaría a cada grupo silábico su

correspondiente sonido, y en tercer lugar Coltheart encuentra apoyo en las hipótesis de Baron y Strawson (1976) que plantean la existencia de dos almacenes lexicales uno fonológico y otro semántico, gracias a esto la palabra, de forma conjunta, accedería primero al lexicón fonológico y después al semántico para alcanzar su significado (Rueda, 2003)

A pesar de que estas primeras cuestiones parece resolverlas, en gran medida, Coltheart, también se enfrenta a otra polémica pues ¿qué vía es la primera, la léxica o la fonológica? ¿cuál es la prioridad para un lector competente? ¿se realiza primero una codificación fonológica o un procesamiento léxico? Ante estas preguntas existen dos hipótesis, la primera establece que primero tiene cabida la ruta fonológica hasta que se adquiere el dominio necesario para utilizar la vía léxica, y la segunda, apuesta por lo contrario, primero se utilizaría la vía léxica, ya que apuestan porque la representación semántica es obtenida por la representación ortográfica de la palabra entera, y la utilización de la vía fonológica sería posterior y surgiría como consecuencia de los métodos de enseñanza de la lectura. Sin embargo, como se puede observar, estas hipótesis no aclaran de forma fehaciente las dudas al respecto, por este motivo tiene lugar un nuevo modelo explicativo, el modelo de la triple vía (Rueda, 2003)

III. Modelo de la triple vía

Este modelo surge a partir de las críticas que recibió el anterior, de este modo propone la existencia de una tercera ruta de acceso al léxico que se denominaría ruta directa o visual, Marshall (1988) establece una diferencia entre ésta y la vía léxica (del modelo anterior) ya que la vía directa se llevaría a cabo a través de un análisis visual y un mecanismo global que permitiría la obtención de la representación fonológica de la palabra entera gracias al reconocimiento visual de la longitud de la palabra y de su configuración. De este modo, esta tercera vía supondría un paso directo desde el sistema de logogenes de entrada al sistema de logogén de salida, lo que significa que no se accede al significado de la palabra, es decir, es una lectura visual sin comprensión (Rueda, 2003). Este modelo no niega las rutas propuestas por el modelo dual o de la doble ruta, sino que añade una nueva vía (figura 10) de acceso a la decodificación de la palabra:

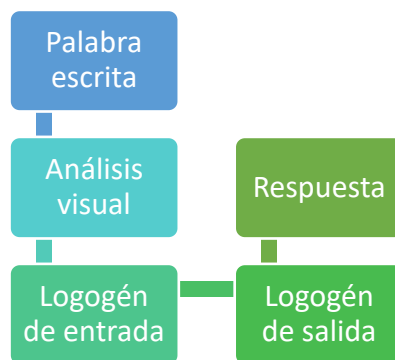


Figura 10: Acceso a la palabra escrita a través de la vía directa (Modelo de la triple vía (elaboración propia a partir de Rueda, 2003).

Por lo tanto, existen tres modelos que explican el proceso que sigue nuestro cerebro para acceder al léxico de una palabra escrita, sin embargo, el modelo de la triple vía también tiene que hacer frente a numerosas críticas, pues acepta que existen las rutas del modelo anterior -la fonológica y la léxica- para acceder al significado, y éste es precisamente el punto más criticado y menos aceptado por una parte de la comunidad científica (Rueda, 2003). De hecho, existen dos hipótesis al respecto, por un lado, se afirma que la vía fonológica no sólo tendría esta particularidad, sino que también contaría un componente visual, es decir, creen que existe una mediación fonológica en todo reconocimiento visual de la palabra; y por otro lado encontramos la hipótesis de que no existen las vías fonológica y léxica, los autores partidarios de esta idea (Goswami, 1992 y Treiman, 1992, entre otros) proponen que la lectura se realizaría mediante analogías. Pero ¿en qué consiste esta idea? Postulan que los lectores pronuncian las palabras y alcanzan su significado gracias a la capacidad de síntesis de palabras ortográficamente similares, de hecho, Goswami (1986) y Bryant (1990) demostraron en un estudio llevado a cabo, que conocer palabras como sol, ayudaría a leer otras como mol, gol, col, etc. En otras palabras, la lectura por analogía, funcionaría a través de la relación de semejanza o similitud de dos pares de palabras, en las que sin duda alguna tendría un papel fundamental la discriminación visual (Rueda, 2003).

En definitiva, encontramos diversos modelos para explicar el proceso de reconocimiento de la palabra escrita, sin embargo, para cada uno de ellos también contamos con diversidad de ideas y puntos de vista. Así, inferimos que existen varias formas de acceder a la palabra escrita, y todas son válidas para cada caso en concreto, es

decir, dependiendo del tipo de palabra al que nos enfrentemos (conocida, desconocida o pseudopalabra) podemos utilizar una vía y otra, asimismo cabe destacar que cada individuo en función de sus características y del modelo de instrucción al que haya sido expuesto, utilizará un camino u otro a la hora de decodificar la palabra escrita.

➔ ¿Cuáles son los principales procesos cognitivos implicados en la lectura?

Para resolver esta cuestión hemos de remitirnos a las ideas postuladas por autores como Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica (2015), pues resaltan los siguientes:

- a. Procesos perceptivo visuales: es necesario tener en cuenta que la lectura comienza con un input o estímulo de entrada visual, así, a pesar de que estos aspectos no son determinantes a la hora del aprendizaje de la lectura, es importante cerciorarnos de que el individuo no presente dificultades en este ámbito.
- b. Procesos fonológicos: las habilidades del procesamiento fonológico son, quizá, las más relevantes a la hora de adentrarse en la lectura pues implican habilidades de conciencia fonológica, memoria a corto plazo verbal y acceso léxico fonológico.
- c. Habilidades de conciencia fonológica: hacen referencia al conocimiento exhaustivo de los fonemas o sonidos de su propia lengua. Estas habilidades implican la identificación, segmentación y combinación de las unidades subléxicas de palabras, es decir, las sílabas, las unidades intersilábicas y los fonemas.
- d. Habilidades de memoria operativo fonológico verbal: para poder leer es necesario codificar una pequeña parte de información verbal de forma temporal, es decir, necesitamos mantener información sobre diversos elementos lingüísticos procesados a la vez que se sigue procesando nueva información.
- e. Habilidades de acceso rápido al léxico fonológico: hacen referencia a la capacidad de recuperar de forma automática la fonología de una palabra que es conocida o que ha sido leída en reiteradas ocasiones, de este modo se

recuperarían las correspondencias entre los grafemas y fonemas de las palabras accediendo al significado en un laxo de tiempo breve.

- f. Procesos de automatización: para poder alcanzar una lectura fluida y comprensiva es primordial que se automaticen las reglas de correspondencias entre grafema y fonema.
- g. Procesos morfológicos: estos procesos implican mejorar el conocimiento de los morfemas como unidades lingüísticas abstractas con el fin de mejorar la lectura, pues es necesario, en ocasiones, descifrar y procesar palabras polisilábicas que son complejas morfológicamente.
- h. Procesos prosódicos: la prosodia hace referencia a la entonación cuando leemos un texto escrito, estos procesos son muy útiles ya que mejoran la comprensión.

4.2. El aprendizaje de la lectura

Hasta el momento conocemos qué podemos entender por lectura, qué hace nuestro cerebro cuando nos enfrentamos a ella y cuáles son los principales procesos cognitivos que se ponen en marcha, pero ¿no parece sorprendente cómo es posible que un hecho al que, a la humanidad le ha costado casi dos mil años conseguir, puedan aprenderlo los niños a tan temprana edad y en tan poco tiempo? Es necesario considerar el increíble esfuerzo que deben hacer los pequeños para adquirir esta nueva habilidad, para la que recordemos, no venimos preparados al nacer. Sin embargo, no ha de pasar mucho tiempo desde este instante -el del nacimiento- para que comience el aprendizaje de la lectura, tanto es así que desde que un bebé cumple los seis meses de vida (pues es el momento en que tienen completamente mielinizado y desarrollado el sistema visual) y fija su mirada en los libros que le rodean, en las ilustraciones e incluso en las etiquetas léxicas escritas que le rodean, está poniendo los cimientos de lo que en el futuro será su lectura (Wolf, 2008).

En este sentido, el cerebro de los niños empieza a prepararse para la lectura muy pronto, utilizando para ello toda imagen, concepto o palabra que encuentre a su alrededor, y a pesar de que al comienzo todo sean signos de lenguaje hablado, después todo lo aprendido le servirá para el lenguaje escrito. Los primeros esfuerzos que hacen los niños para nombrar las letras que observan, se trata de un proceso de “pares asociados”, como por ejemplo asociar las letras a una canción o unos colores determinados, así comienzan

a entrelazarse las áreas visuales del cerebro con las encargadas del lenguaje; a medida que este proceso se repite, los grupos de neuronas se especializan creando de este modo el comienzo del cerebro alfabetizado (Wolf, 2008).

Haciendo referencia al desarrollo del aprendizaje de la lectura encontramos dos modelos que pretenden esclarecer las dudas de cómo tiene lugar dicho proceso, por un lado, los modelos discretos proponen un aprendizaje por etapas, y por otro los modelos continuos que apuestan por un aprendizaje continuo sin etapas (Rueda, 2003). (Tablas 1 y 2).

MODELOS DISCRETOS O POR ETAPAS	
MODELO COGNITIVO (Friedman, Marsh, Welch y Desberg, 1981)	MODELO EXPERTO (Frith, 1985-1989)
<p>Fase 1: Sustitución lingüística</p> <p>En este momento los niños se valen de estrategias como el aprendizaje memorístico y la adivinación de la palabra por su contexto.</p> <p>Leen las palabras como si fuesen logogramas ya que no analizan las unidades que las constituyen.</p>	<p>Fase 1: Estrategia logográfica</p> <p>Los niños reconocen las palabras de forma global, como si fueran un dibujo, para lo cual es necesario que la palabra se presente siempre en el mismo contexto. Esta estrategia es válida si el número de palabras a reconocer no es muy amplio y si las palabras no son visualmente similares.</p>
<p>Fase 2: Discriminación</p> <p>Se utilizan las estrategias anteriormente citadas, sin embargo, en ese caso la adivinación de palabras se realiza en virtud de estímulos visuales entre las palabras, de tal forma los niños reconocen</p>	<p>Fase 2: Estrategia alfabética</p> <p>Es el momento en el que el niño explota el conocimiento fonológico, pues es capaz de segmentar la palabra en grafemas para asociarlos un fonema diferente y pronunciarlos.</p>

palabras familiares aisladas siempre y cuando hayan visto alguna similar antes.	
<p>Fase 3: Decodificación secuencial</p> <p>Se emplean las estrategias de aprendizaje memorístico y decodificación letra a letra. El niño en este momento, tiene aproximadamente 7-8 años de edad y es cuando aprende de forma correcta las reglas de asociación entre grafema y fonema</p>	<p>Fase 3: Estrategia ortográfica</p> <p>Se dejan a un lado las reglas de asociación entre grafema y fonema, pues los niños reconocen las palabras de forma global, para lo cual utilizan unidades de conversión como los morfemas.</p> <p>En esta etapa tiene una gran importancia el análisis visual.</p>
<p>Fase 4: Decodificación jerárquica</p> <p>Llega el momento de utilizar de forma muy eficiente las normas de conversión de grafema y fonema y la estrategia analógica en el caso que no se puedan decodificar las palabras por ese método, es decir, emplean las relaciones de semejanza o afinidad entre palabras (la nueva a la que se enfrentan y las ya conocidas).</p>	

Tabla 1: Modelos discretos sobre el desarrollo de la lectura (elaboración propia a partir de Rueda, 2003).

MODELO CONTINUO

(Bradley y Bryant, 1983- 1989 y Goswami y Bryant, 1990)

Los modelos continuos no niegan ni se oponen a la existencia de fases o etapas en el aprendizaje de la lectura, sino que ponen en entredicho el paso obligatorio por cada una de ellas sobre todo el paso por la fase que implican a los procesos fonológicos. A grandes rasgos, afirman que si los niños aprenden a leer sin un conocimiento fonético, la lectura se llevará a cabo mediante otra asociación que entre la palabra oral y algún

factor de la secuencia escrita de la misma, en otras palabras, si el niño no cuenta con el conocimiento fonológico necesario, la lectura se dará de igual modo gracias a los análisis visuales (estrategias logográficas).

Tabla 2: Modelo continuo sobre el desarrollo de la lectura (elaboración propia a partir de Rueda, 2003).

A pesar de la existencia de dos modelos para la explicación de cómo tiene lugar el aprendizaje de la lectura, cabe incidir en sus puntos de encuentro, pues los modelos continuos, tal y como se ha mencionado, no pueden negar la existencia de unas fases o etapas en el desarrollo de este proceso. Así inferimos que todos los individuos han de atravesar por unos momentos diferenciados para alfabetizar su cerebro, sin embargo, no podemos olvidar que cada uno muestra un ritmo de aprendizaje único en el que no tiene cabida la generalización, sino que es más acertado, apostar porque cada sujeto, en función de sus características propias atraviesa por dichas fases de aprendizaje de una manera específica y concreta.

A modo de síntesis, cabe recordar que hemos abordado la lectura desde una perspectiva científica, apoyándonos en los modelos explicativos que nos ofrece la psicología cognitiva. De tal forma, se ha hecho hincapié en cuestiones claves para la comprensión del fenómeno de la lectura, como qué hace nuestro cerebro para decodificar palabras escritas, qué procesos cognitivos utiliza para ello y también, cuál es el desarrollo de la lectura en los pequeños. Cabe resaltar que la comunidad científica se renueva cada día, y es necesario tener en cuenta que lo que hoy damos por válido, mañana puede no serlo, por lo tanto, conviene estar al tanto de los cambios y de los nuevos estudios que avalan o refutan hipótesis al respecto.

4.3. La escritura ¿Qué es escribir?

Como sabemos el lenguaje oral precede al lenguaje escrito tanto a nivel filogenético como ontogenético, sin embargo, ambos tienen una peculiaridad en común, su función principal es la comunicación. Por tanto, cuando escribimos no sólo estamos componiendo un texto, sino que estamos comunicando, pues es la función principal de todo lenguaje (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015).

Del mismo modo, es necesario diferenciar entre la escritura y la lectura -a pesar de que sean procesos íntimamente ligados-, pues la acción de escribir tiene un nivel de complejidad mayor, ya que contiene los procesos que veíamos implicados en la lectura y, además, tiene añadidos otros muchos que hacen de la acción de escribir un fenómeno más arduo, si cabe. Los sistemas alfabéticos, al representar los fonemas mediante grafemas, implican analizar estas unidades -realizar conversiones entre grafemas y fonemas- para después poderlas traducir a lenguaje escrito mediante grafemas -se realiza una conversión a la inversa, pasamos de fonemas a grafemas-. De este modo inferimos, que la habilidad de la conciencia fonológica que resaltábamos como fundamental en el proceso de la lectura, tiene ahora, en la escritura, el papel protagonista. Pero ¿por qué?, bien pues en realidad descifrar y diferenciar los caracteres de nuestro alfabeto, requiere discriminaciones visuales muy correctas y precisas; pensemos en grafemas similares como “b”, “p”, “d” o “q”, comparten rasgos muy similares que demandan al individuo que sea capaz de recordar el patrón visual motor y además una alta coordinación grafomotriz para trazarlos (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015).

Por tanto, ¿qué entendemos por escritura? es un sistema de comunicación basado en la representación de símbolos o signos escritos; en su proceso intervienen otros cognitivos tales como la atención y la memoria. Del mismo modo, la escritura es entendida como una forma de lenguaje, como una herramienta psicológica que modifica estructuras cognitivas haciendo de los seres humanos, individuos capaces de pasar de un razonamiento práctico a un pensamiento teórico y conceptual lo que conlleva a su vez la creación de nuevas y superiores formas de pensamiento (Cassany, 1999, Fraca, 2003, Vygotsky, 1930 y Wolf, 2008).

Dentro de la escritura pueden resaltarse dos tipos: la escritura productiva y la reproductiva; entre ellos existen diferencias importantes ya que no implican la misma demanda cognitiva, la segunda podría traducirse en una mera repetición mientras que la primera hace referencia a procesos como la planificación, generación de ideas, revisión, entre otros, por lo que en las líneas siguientes nos centraremos en la escritura productiva (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015).

Ahora que conocemos la complejidad de este fenómeno que, incluso, resaltábamos que se encontraba por encima de la lectura, cabe preguntarnos ¿qué hace nuestro cerebro a la

hora de escribir? En este caso nos remitiremos, como cabe esperar, a nuevos modelos explicativos al respecto, sin embargo, cabe destacar que el modelo que se expondrá a continuación, es perfectamente válido para la lectura ya que pretende explicar cómo es el reconocimiento y la producción de palabras escritas (con lo que después se podrá exponer a debate las diferencias y similitudes entre los modelos explicados anteriormente y el que ahora nos ocupa).

I. Modelo de Ellis y Young (1998): Reconocimiento y producción de palabras escritas.

En 1998 Ellis y Young, psicoterapeutas cognitivos estadounidenses, propusieron un modelo de reconocimiento y producción de palabras escritas, el cual nos ofrece además un modelo de organización funcional del cerebro, pues ambos autores, a partir de numerosos estudios con personas con daño cerebral -de cómo llevaban a cabo estas tareas de reconocimiento y producción- extrajeron conclusiones, comparando los resultados con los patrones típicos de normalidad, para explicar cómo personas sin ningún daño reconocen y reproducen palabras escritas. Sin embargo, antes de abordarlo de lleno es primordial conocer algunos de los elementos que lo integran:

- Sistema semántico: es un sistema en el que se encuentran las representaciones del significado de la palabra.
- Sistema de análisis auditivo: es el encargado de identificar los sonidos a partir de las ondas sonoras.
- Sistema de análisis visual: es el encargado de identificar los grafemas y de reconocer la posición que tiene cada uno de ellos en la palabra (sólo es un proceso visual)
- Lexicón de input (entrada) auditivo: compara los fonemas identificados con el que patrón almacenado (diccionario interno en el que se encuentran patrones de fonemas).
- Lexicón de input (entrada) visual: representa el lugar donde se almacenan las palabras escritas familiares.
- Conversiones grafema-fonema o fonema-grafema: atribuir a cada sonido una letra y viceversa. Se utiliza cuando las palabras son desconocidas (ruta fonológica).

- Lexicón de output (salida) grafémica y alográfico: es el lugar donde tenemos almacenadas las estructuras grafémicas y alográficas de las palabras para su reproducción escrita.
- Nivel fonémico: momento en el que las los fonemas se hacen secuencias de sonidos posibles de articular.
- Nivel grafémico: momento en el que las los grafemas se hacen secuencias de letras con sentido y posibles de escribir.
- Patrones grafomotores: secuenciación de movimientos coordinados a nivel óculo-motriz para el desarrollo correcto de la escritura.

Asimismo, cabe hacer una diferenciación pues podemos inferir que no es lo mismo escribir una palabra escuchada que una palabra leída, de este modo, como este modelo hace referencia, también, a los pasos que seguimos cuando leemos, sólo nos centraremos en qué ocurre cuando queremos escribir una palabra que hemos leído; así existen diferentes vías, entre las que encontramos (figura 11):

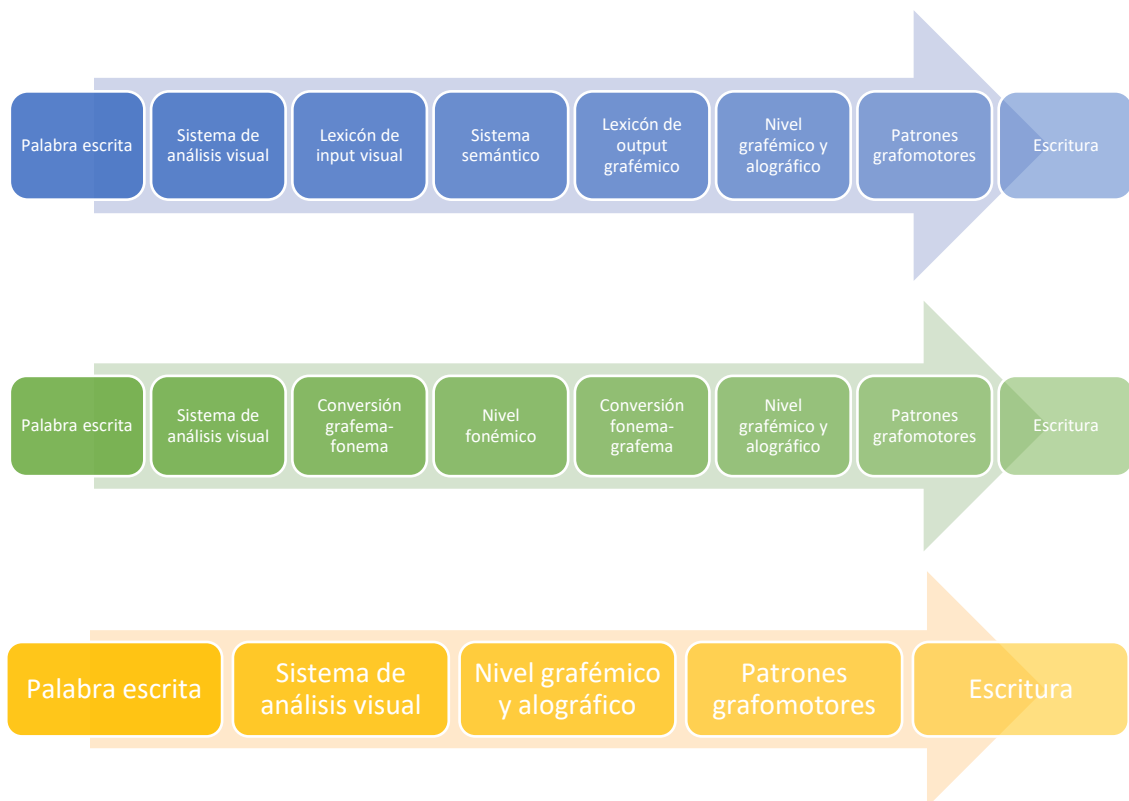


Figura 11: Diferentes vías para la producción de palabras según el modelo de Ellis y Young (1988) (elaboración propia a través de la lectura de Ellis y Young, 1988).

La primera de ellas, (empezando por la izquierda) conlleva la lectura de la palabra escrita accediendo al significado, se realizaría a través de la ruta léxica exigiendo el conocimiento de la palabra de forma previa, pues se utilizaría para palabras familiares. La segunda se realiza a través de la ruta fonológica, con lo que no se accede al significado y se lleva a cabo a través de la conversión de grafemas y fonemas, es decir, se utiliza para palabras que no conocemos o pseudopalabras. Por último, hemos resaltado la vía más directa para la producción de una palabra, pues pasa del sistema de análisis visual, directamente a los procesos específicos de la escritura, de este modo inferimos que se utilizaría la vía visual sin acceso al significado. En definitiva, el modelo de Ellis y Young (1988), nos ayuda a comprender mejor el proceso de escritura, explicándonos los pasos que seguimos cuando realizamos esta acción en función del tipo de palabra a reconocer y a reproducir, es decir, los diferentes caminos o rutas que podemos utilizar si la palabra es conocida o desconocida, si accedemos al significado o se realiza una lectura superficial, etc. Como podemos observar guardan una estrecha relación con los modelos explicados en el apartado de la lectura, pues como se adelantaba este modelo también es compatible para la misma, pues la diferencia es que no llegaríamos al lexicón de output gráfico, sino al lexicón de output de habla, y tampoco existirían los niveles gráficos y alográficos ni los patrones grafomotores, sino el nivel fonémico y la articulación propia del habla.

Tal y como hicimos con la lectura, ahora que conocemos qué hace nuestro cerebro para producir una palabra escrita, nos podemos preguntar ¿qué procesos cognitivos pone en marcha el cerebro para conseguirlo? Nos remitimos a las ideas expuestas por autores como Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica (2015).

- a) Procesos motores: se encuentran almacenados en la memoria a largo plazo, e implican la forma, dirección secuenciación y tamaño de los rasgos de las letras. Tener adquiridos los procesos motores, ayuda a fijar las normas de correspondencia entre grafemas y fonemas, pero, además implican saber dirigir el trazo y orientarse en el espacio (papel).
- b) Procesos fonológicos: hacen referencia a las habilidades de conciencia fonológica y al conocimiento de las normas de conversión entre grafemas y fonemas (estos procesos también los resaltamos en la lectura).

- c) Procesos ortográficos: para de escribir hay que tener en cuenta también el carácter ortográfico de las palabras, esto hace referencia a la secuencia específica de las letras, a lo que después se añadirá el conocimiento ortográfico general, es decir, cómo se escriben las palabras en una determinada lengua teniendo en cuenta las normas (ortográficas) establecidas para ello.
- d) Procesos morfológicos: en la escritura este tipo de procesos cobran gran importancia pues si pensamos en la existencia de diferencias morfológicas mínimas entre palabras de nuestra lengua (ej. Tuvo, tubo, pollo, poyo, vaca, baca,) en las que cambia el significado de las mimas, es fácil inferir la importancia de tener un conocimiento acerca de los morfemas que ayudan a la escritura correcta.
- e) Procesos prosódicos: este tipo de procesos han tenido más influencia en la lectura que en la escritura, pero cabe resaltar que debemos hacerlos referencia pues cuando somos capaces de identificar las sílabas acentuadas, la estructura métrica o la curva de entonación de las frases, la comprensión adquiere niveles más elevados.

4.4. El aprendizaje de la escritura

En este momento, se hará referencia al desarrollo o al aprendizaje de la escritura al que se enfrentan los niños, pues como hemos adelantado en párrafos anteriores, se trata de un proceso largo, arduo y que requiere de una instrucción explícita e intencional planteada de forma minuciosa. En esta línea encontramos al respecto dos tipos de modelos, los que plantean que el desarrollo se produce por etapas, y los que apuestan por un proceso continuo (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015) (tablas 3 y 4):

MODELO POR ETAPAS
(Frith, 1985)
1ª: Fase logográfica: en este momento los niños son capaces de reconocer y escribir pocas palabras de modo global (suelen escribir su nombre, o el de personas que conocen). Suelen usar letras mayúsculas ya que su trazado es más sencillo, sin embargo, no pueden considerarse escritura pues son dibujos o signos gráficos que representan sonidos.

2ª: Fase alfabética: en esta etapa comienzan a manejar las reglas de conversión de grafema-fonema, cometen errores de omisión, adicción o inversión, y la fluidez es una característica a trabajar.

3ª: Fase ortográfica: se consolidan y automatizan las reglas de conversión de grafema-fonema, de tal forma que la escritura va adquiriendo fluidez.

Tabla 3: Modelos por etapas o fases para el desarrollo de la escritura (elaboración propia a partir de Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015)

MODELO CONTINUO

(Goswami y Bryant, 1990)

El modelo continuo de desarrollo de la escritura, al igual que el de la lectura anteriormente expuesto, no niega la existencia de fases en el mismo, sino que apuesta por la idea de que la escritura es un proceso continuo de desarrollo, defendiendo así que los niños utilizan estrategias y diferentes tipos de conocimiento haciendo que las líneas que dividen las etapas sean casi imperceptibles. En otras palabras, este modelo asevera que existen momentos en los que hay predominancias de unas estrategias u otras, pero no estadios diferenciados ni paso obligado por cada uno de ellos.

Tabla 4: Modelos continuos para el desarrollo de la escritura (elaboración propia a partir de Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015)

Con el fin de compendiar estos párrafos, cabe destacar que hemos incidido en los mecanismos cognitivos que se ponen en marcha a la hora de leer y escribir, evidenciando, además, los diferentes modelos explicativos que existen al respecto. En esta línea, tal y como adelantábamos, algunos de los modelos que existen al respecto pueden encajar para ambos fenómenos -la lectura y la escritura- ya que, incluso, comparten rasgos y terminologías comunes, sin embargo, en el presente documento se han evidenciado sólo algunos de los existentes y se ha incidido en aquellos más relevante según el caso y apartado a explicitar. Asimismo, no debemos olvidar que el acto de leer y de escribir, son dos procesos difícil de separar en el desarrollo de un individuo, siendo a su vez parte imprescindible de éste, pues cuando un cerebro se alfabetiza cambia por completo la forma de pensar y la estructuración cognitiva de esa persona.

5- CEREBELO Y LENGUAJE ESCRITO

Ha llegado el momento de hacer un alto en el camino para reflexionar qué conocemos hasta ahora y qué conocimientos hemos abordado para comprender la consecución de este nuevo apartado que representa el eje vertebrador del presente trabajo fin de grado. Comenzamos explicitando que se tomaría una perspectiva ligada a la neurociencia para comprender el estudio bibliográfico realizado, pasamos después a profundizar en la estructura encefálica que ahora nos compete, el cerebelo, y después nos adentramos de lleno en el lenguaje escrito. Todos estos apartados conllevan la consecución del que ahora desarrollaremos, pues necesitábamos conocer con profundidad el cerebelo, por un lado, y el lenguaje escrito, por otro, para poder relacionarlos y buscar los puntos de encuentro ligados al objetivo que nos planteábamos al inicio de todo, es decir, ha llegado el momento en el que estamos preparados para adentrarnos en las intrínsecas relaciones que existen entre la estructura cerebelosa y en el lenguaje escrito como proceso cognitivo superior.

En primer lugar, cabe destacar, que tradicionalmente el cerebelo se ha considerado como una estructura que participa en la coordinación y control motor; esta era la visión que se sostenía desde comienzos del siglo XIX, basada en informes y estudios empíricos realizados con animales y personas con daños cerebelosos por parte de autores como Babinski (1913) y Holmes (1917). De este modo, durante todo el siglo XX la función que se le atribuía a esta pequeña estructura era principalmente la de acciones motoras, las cuales además se consideraban funciones aisladas de componentes sensoriales, cognitivos y emocionales (Barrios y Guàrdia, 2001, Fabbro, 2000 y Murdoch, 2010).

En esta línea, podemos resaltar que hasta hace poco la literatura científica no se preocupaba por la implicación del cerebelo en otra clase de funciones, pues contaba con otras, ya probadas, que eclipsaron cualquier consideración que hiciera referencia a la posible relación entre el cerebelo y procesos cognitivos complejos. Sin embargo, durante los últimos años han tenido lugar numerosos descubrimientos anatómicos y funcionales característicos del cerebelo, tales como el ingente número de neuronas con el que cuenta, su velocidad de operación para responder a información que recibe, sus conexiones neuronales masivas con la corteza cerebral, las cuales van más allá de las áreas motoras cerebrales, etc. Todo ello apunta a que el cerebelo podría estar implicado en funciones o

procesos cognitivos en los cuales, con anterioridad, sólo se creía participe la corteza cerebral (Murdoch, 2010).

Con el fin de comprender mejor cómo se han desarrollado los diversos enfoques que se le han dado al cerebelo en las últimas décadas, encontramos dos autores, Bloedel y Bracha (1997), que describieron cuatro periodos por los que ha atravesado el conocimiento acerca de esta estructura (Fabbro, 2000 y Murdoch, 2010).

- Al comienzo se creía que era el encargado de coordinar el movimiento, así como orientar el cuerpo en el espacio.
- Después fue considerado como regulador e integrador de información sensorial.
- Se le atribuyeron más tarde funciones relacionadas con el aprendizaje, sobre todo el que tiene que ver con respuestas condicionadas.
- Por último, investigaciones recientes, le señalan como estructura fundamental para la regulación de funciones lingüísticas, cognitivas y afectivas.

Por tanto, al inicio se consideraba que los circuitos existentes entre el cerebelo y el cerebro eran básicamente la de recolección de información de áreas corticales cerebrales para canalizarla al sistema motor, sin embargo, nuevas investigaciones y observaciones llevadas a cabo con técnicas de neuroimagen, indican que las proyecciones del cerebelo alcanzan los núcleos talámicos, los cuales conectan con áreas corticales diferentes a la corteza motora primaria, es decir, conectan con áreas parietales, temporales y prefrontales, las cuales, como ya conocemos, se encuentran ligadas con funciones cognitivas (figura 12) (Barroso Ribal, Nieto Barco y Wollman Engeby, 2004).

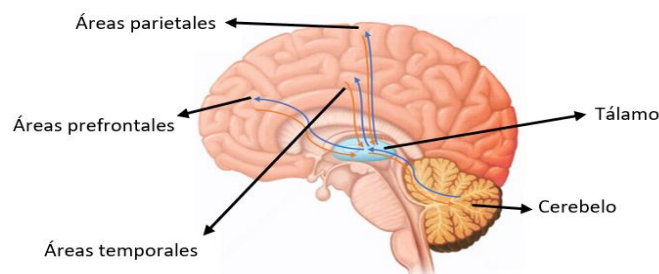


Figura 12: Circuitos existentes entre el cerebelo y la corteza cerebral (elaboración propia).

En este sentido, la reciente evidencia de que el cerebelo es partícipe de funciones cognitivas también se debe a los estudios liderados por Leiner (1991) en los que se descubrió que los hemisferios cerebelosos habían experimentado un agrandamiento significativo -tal y como ocurrió con las zonas prefrontales de la corteza cerebral- durante la evolución filogenética del ser humano, lo que sugiere que en el curso de la evolución humana estas partes fueron expandidas para dar lugar al nuevo encéfalo de los seres humanos capacitados para realizar funciones cognitivas y lingüísticas complejas (Murdoch, 2010).

Señalamos por tanto al cerebelo como una estructura importante para la consecución de procesos cognitivos, pero ¿a qué procesos o funciones estamos haciendo referencia? ¿Qué estudios existen al respecto? La literatura científica avala la implicación del cerebelo en muchos procesos cognitivos, sin embargo, centrándonos en algunos de ellos, podemos destacar el aprendizaje, la memoria, la atención, la automatización y el lenguaje. No cabe duda que lo que a nosotros nos inquieta es su relación con el lenguaje, pero todos los señalados anteriormente guardan relación con éste, por ese motivo haremos una breve alusión a cada uno de ellos (Barrios y Guàrdia, 2001, Fabbro, 2000 y Murdoch, 2010).

En relación con el aprendizaje y la automatización de los mismos podemos destacar investigaciones llevadas a cabo por Desmond (1998) con animales que sufrían deterioros en el cerebelo, los cuales mostraban problemas a la hora de responder a secuencias aprendidas con anterioridad (aprendizaje condicionado), de este modo se evidencia que una lesión en el cerebelo provoca alteraciones en aprendizajes donde no están involucradas acciones motoras (Fabbro, 2000). Del mismo modo, estudios de la mano de Steiz, Canavan, Yagez y Tellmann (1994) demostraron que los síntomas de lesiones cerebelosas recuerdan a los asociados a lesiones en áreas frontales (encargadas de la memoria, atención y lenguaje) pues observaron un aumento del flujo sanguíneo en el vermis durante las primeras fases de aprendizaje, e incluso cuando examinaron a sujetos que habían puesto en práctica una determinada tarea (comienzo de la automatización) el flujo sanguíneo se disparaba además, en el cerebelo lateral y anterior derecho de forma significativa (Barrios y Guàrdia, 2001).

En cuanto a la atención podemos mencionar investigaciones con animales a los que se le practicó una ablación del cerebelo, pues mostraron increíbles déficits en los procesos

de atención y planificación de acciones, y además estudios de resonancia magnética hallaron activaciones del cerebelo posterior en tareas de atención selectiva en sujetos que atendían al patrón típico de normalidad (Barrios y Guàrdia, 2001 y Fabbro, 2000). Por su parte haciendo referencia a la memoria, Desmond (1994) demostró gracias a las técnicas de neuroimagen que el cerebelo se veía activado en tareas de memoria de trabajo, e incluso afirmó que el cerebelo comparaba y planificaba las acciones de articulación vocal gracias a la conexión con el almacén fonológico para el habla o la lectura en voz alta (Barrios y Guàrdia, 2001).

Por tanto, relacionando todos los procesos descritos con el lenguaje -principalmente el escrito-, cabe pensar, en cuanto al aprendizaje, ¿el acto de hablar y más concretamente el de leer y escribir no se trata de un proceso que nuestro cerebro aprende?, en cuanto a la memoria y la atención ¿no son dos requisitos más que necesarios para leer y escribir de forma competente? ¿podría haber lectura o escritura sin atención? ¿y sin memoria a corto y largo plazo? Y haciendo referencia a la automatización, en párrafos precedentes señalamos la necesidad de automatizar ciertas reglas -como por ejemplo las de conversión de grafema-fonema- por tanto ¿podríamos leer, escribir o tan siquiera pronunciar palabras si no automatizáramos ciertos aprendizajes? Parece obvia la importancia del cerebelo para desempeñar una tarea como es el lenguaje, sin embargo, todo ello puede no parecer suficiente para avalar dicha relación, por ese motivo se señalarán a continuación alguno de los estudios e investigaciones al respecto.

Una investigación llevada a cabo por Constable, Einer, Frost, Fulbright, Gore, Jenner, Lacadie, Marchione, Pugh, Shaywitz, Shaywitz y Skudlarski, en 1999 con personas que no presentaban ningún tipo de dificultad, demostró que la participación del cerebelo en el lenguaje escrito era más que notoria, pues expusieron a los sujetos a tareas de lectura y observaron que el cerebelo se activaba cuando se producía la identificación de palabras, en tareas de montaje fonológico (conciencia fonológica y reglas de conversión de grafema-fonema) y en el procesamiento léxico y semántico.

Por otro lado, Petersen en 1989, mediante la técnica de resonancia magnética funcional observó cómo se activaba el cerebelo lateral derecho, junto con el lóbulo frontal izquierdo, cuando los sujetos estudiados generaban verbos a partir de nombres o sustantivos, pero no cuando leían los nombres, esta observación también fue descrita por

Buckner y Desmond (1994) con lo que concluyeron que la activación del cerebelo tenía lugar cuando el esfuerzo semántico era mayor, pues se activaba cuando debía generar una palabra a partir de otra relacionada (Barrios y & Guàrdia, 2001).

Existen otros muchos estudios e investigaciones llevadas a cabo por autores como Loritz, (1998) o Silveri y Misciagna, (2000) que aseveran la participación del cerebelo en tareas donde está implicado el lenguaje escrito, sin embargo, otra parte de la literatura científica utiliza otro método para probar las relaciones entre cerebelo y la lectura y la escritura, estamos haciendo referencia al estudio de personas con dificultades o lesiones para extraer conclusiones aplicables a personas que no presentan ningún daño o dificultad, en otras palabras, debido a que la mayoría de la literatura científica al respecto establece claras relaciones entre el lenguaje escrito y la corteza cerebral y relaciones menos evidentes entre cerebelo y lenguaje escrito, muchos autores estudian a personas que presentan daños cerebelosos o problemas con la lectura y en la escritura para poder extraer conclusiones que se apliquen a personas que se encuentran dentro de los patrones típicos de normalidad. De este modo, nosotros seguiremos el mismo proceso y para ello nos remitiremos al subapartado siguiente en el que nos apoyaremos en dos dificultades elegidas (la dislexia y la malformación de Chiari) para comprobar si en este caso, también se avala el papel principal que juega el cerebelo en funciones lingüísticas.

5.3. Dificultades de aprendizaje en el lenguaje escrito.

Es necesario comenzar aludiendo al hecho de que la dislexia y la malformación de Chiari son dos dificultades diferentes, sin embargo, comparten ciertas similitudes que las hacen ser el centro de nuestra atención en este apartado. Por su parte las personas que sufren dislexia presentan problemas en la lectura y en la escritura además de otros muchos síntomas o signos, y Chiari es una dificultad que viene dada por una malformación en el cerebelo, es decir, se he elegido una dificultad que por un lado presenta los síntomas en el ámbito que forma parte nuestro objeto de estudio (el lenguaje escrito), y por otro se ha elegido otra dificultad que presenta problemas en la estructura encefálica que nos compete, el cerebelo. Ahora cabe pensar ¿los sujetos con Chiari presentarán problemas en la lectura y en la escritura? ¿Guardarán algún tipo de relación los síntomas o signos ambas dificultades? Si afirmamos que el cerebelo está implicado en la lectura y escritura, ¿tendrán entonces las personas con dislexia algún problema a nivel cerebelar?

Comenzaremos analizando la dislexia -más conocida por todos- abordando los tipos que encontramos, su definición, los síntomas que la representan, etc. y después seguiremos el mismo procedimiento con la malformación de Chiari, asimismo iremos comparando los hallazgos con la información que ya conocemos acerca del cerebelo y del lenguaje escrito para averiguar y poder dar respuesta a las cuestiones que nos planteamos.

Atendiendo al momento de adquisición, encontramos dos tipos de dislexia: adquirida y evolutiva/ de desarrollo; la primera viene dada a partir de un daño cerebral, es decir, la persona no nace con ella, y la segunda hace referencia a aquella que presentan los sujetos sin causa aparente y sin presentar otras dificultades añadidas (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015). Cabe destacar que nosotros nos centraremos en la dislexia evolutiva o de desarrollo, la cual a su vez puede ser de diferentes tipos en función de las rutas o vías (que con anterioridad se referenciaban) que utiliza el sujeto a la hora de leer y/o escribir.

Por tanto, la dislexia es una de las dificultades de la lectura más conocidas, la Asociación Internacional de Dislexia (IDA) en 2002 la definía como un problema específico de aprendizaje de origen neurobiológico, caracterizado por dificultades de precisión y fluidez en tareas de reconocimiento, decodificación y producción de palabras escritas. Afirmaba, también, que estas dificultades suelen estar causadas por un déficit en el componente fonológico del lenguaje que surge sin ser prevenido ya que el sujeto que lo padece presenta normalidad en el resto de habilidades cognitivas. Por su parte el DSM-V (APA, 2013) (Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales) considera que los problemas relacionados con el lenguaje escrito se encuentran dentro de la categoría denominada “trastorno de aprendizaje” donde es necesario especificar si el problema (que debe perdurar al menos 6 meses) tiene que ver con la lectura de palabras, con el acceso al significado de las mismas, con dificultades ortográficas, con problemas en la expresión escrita, o con otro tipo de dificultades asociadas al ámbito matemático, de esta manera, el DSM-V establecería como que un sujeto padece un trastorno de aprendizaje si al menos presenta uno de los síntomas durante el periodo de tiempo señalado (Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, 2015).

Si nos preguntamos qué síntomas o signos visibles presentan los niños que sufren dislexia, podemos enumerar varios y diversos, sin embargo, rescatando algunos de los más importantes cabe resaltar: déficit graves en diversas habilidades como el equilibrio, dificultades de procesamiento rápido y para automatizar aprendizajes; la producción de las letras es de pobre calidad; problemas a la hora de adquirir y poner en marcha habilidades fonológicas, en la fluidez y en la automatización de reglas; dificultades para realizar más de una tarea a la vez y torpeza general a nivel motriz (Nicolson y Fawcett, 2004). En cambio, es importante señalar que cada sujeto que sufre dislexia es único e individual con lo que no todos presentaran estos rasgos detallados, se trata tan solo de una aproximación general a los signos visibles que suelen caracterizarlos.

Hemos resaltado en numerosas ocasiones que una de las funciones principales del cerebelo (junto con otras áreas de la corteza) es la automatización de todo tipo de aprendizajes y acciones motoras, hecho que cuenta con el suficiente aval científico tal y como se ha detallado en párrafos precedentes, y ahora conocemos que uno de los signos que suelen presentar los sujetos con dislexia son problemas a la hora de automatizar reglas de ortografía, como las de conversión de grafema-fonema (habilidades de conciencia fonológica) pues presentan la base de los errores que cometen. Entonces parece obvio que los niños con dislexia puedan tener un déficit de automatización que vendría dado, en parte, a nivel cerebelar (pues se encarga de dichas funciones) sin embargo, este hecho no pudo probarse con la exactitud que se requería porque para la consecución de estas tareas, como se señalaba, cumple importantes funciones la corteza cerebral, por tanto, esta primera hipótesis no resultó y quedó absorbida por otra hipótesis difícil de refutar y bastante aceptada por la comunidad científica (Nicolson y Fawcett, 2004). De este modo, con el fin de poder explicar cuál representa la causa fundamental subyacente de la dislexia encontramos la hipótesis del déficit cerebelar (Cuetos-Vega, 2008 y Nicolson y Fawcett, 2004).

¿Qué propone la hipótesis del déficit cerebelar? Los déficits en habilidades motrices (torpeza a nivel general, producción de palabras escritas de poca calidad, falta de fluidez en el lenguaje oral, etc.) y los problemas para automatizar aprendizajes y las normas de conversión de grafema-fonema (base de la lectura), apuntan a que existe un problema a nivel cerebelar ya que esta estructura cumple funciones motrices y de automatización, por

tanto sostienen que existe un déficit en el cerebelo que representa la causa desconocida de la dislexia. Para probar esta hipótesis Nicolson y Fawcett realizaron numerosos estudios en los que se sometían a personas con dislexia y a personas ajustadas al patrón típico a una serie de tareas relacionadas con diversos ámbitos (algunos en los que se quería probar la implicación del cerebelo y otros en los que ya estaba probada) como por ejemplo la postura, el tono muscular, los movimientos voluntarios, segmentación de palabras, repetición de palabras escritas, tareas fonológicas, tareas de memoria de trabajo, de atención, etc. Los resultados fueron sorprendentes, pues parecía obvio que las tareas relacionadas puramente con el lenguaje fueran realizadas peor por parte del grupo con dislexia, sin embargo, en el resto de pruebas de memoria, atención y movimiento no se podía predecir a ciencia cierta que el grupo de dislexia fuera de nuevo el que peor resultados obtuviera, pero así fue. Los autores concluyeron que la mayoría de los niños con dislexia sufren problemas a nivel cerebelar pues mostraban déficits motores de los cuales se encarga esta estructura (el cerebelo); así Nicolson y Fawcett (2004) resumen la cadena causal de la dislexia de la siguiente forma: el déficit cerebelar provoca problemas de equilibrio, problemas de habilidad motriz (que se reflejan en la escritura), problemas en la habilidad fonológica (con lo que hay problemas en la memoria de trabajo y las habilidades de conciencia fonológica, que se expresan en la lectura y la escritura) y problemas de automatización (con lo que se agravan los problemas de conciencia fonológica, cosa que se expresa en la lectura y en la ortografía de las palabras). (Figura 13):

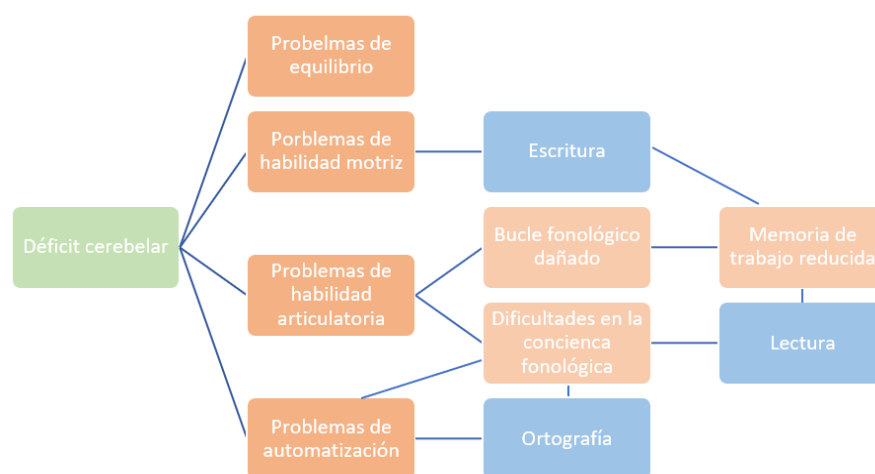


Figura 13: Cadena causal de la dislexia (elaboración propia a partir de Nicolson y Fawcett, 2004).

Parece, por tanto, que a partir del estudio de la dislexia, se pueden extraer conclusiones que avalan la participación del cerebelo en tareas de lectura y escritura gracias a la hipótesis del déficit cerebelar y los estudios llevados a cabo. Ahora veamos qué ocurre si analizamos la dificultad de la malformación de Chiari.

En primer lugar, ¿qué entendemos por la malformación de Chiari? Es un grupo de trastornos que incluyen anomalías anatómicas en el cerebelo, tronco encefálico y/o la unión craneocervical. Existen diversos subtipos dentro de esta malformación, sin embargo, nos centraremos en la de tipo I; la primera vez fue descrita por Hans Chiari en 1891 y puede entenderse como una malformación estructural importante donde se observa un descenso (de al menos 5milímetros) de las amígdalas cerebelosas (estructuras redondas situadas debajo de cada uno de los hemisferios cerebelosos) en el canal espinal cervical. Asimismo, cabe destacar que esta malformación suele estar asociada otra denominada siringomielia, la cual consiste en una dilatación anormal de canal espinal en el que se recoge más líquido cefalorraquídeo de lo normal (Akar, Kara, Akdemir y Kiris, 2017 y Basaran, Efendioglu, Senol, Ozdogan, y Isik, 2018). (Figura 14).

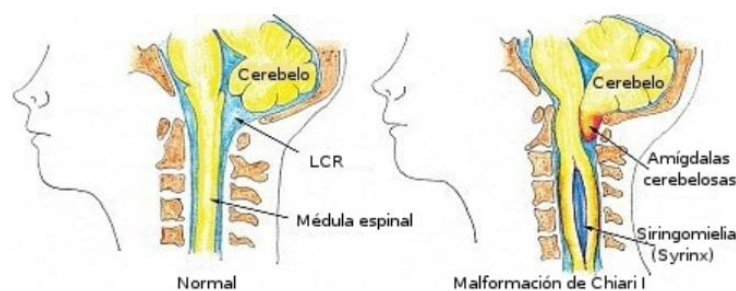


Figura 14: Encéfalo que atiende al patrón típico vs malformación de Chiari I.

(extraído de: <https://eslasalud.com/que-es-la-malformacion-de-chiari/>).

Las personas que padecen este trastorno muestran síntomas que abarcan desde el dolor de cabeza, dolor de cuello y hombros, dificultades en el equilibrio y la postura, debilidad muscular, alteraciones en el desarrollo, disartria, apnea del sueño, anomalías en las vías respiratorias, etc., sin embargo, también observamos un 0,1-0.5 % de pacientes que son asintomáticos. Por su parte, el único método terapéutico es una operación quirúrgica denominada “descompresión de la fosa posterior” pero con ella no siempre se consigue una mejoría (Akar, Kara, Akdemir y Kiris, 2017 y Morcillo, Rebon, Rodríguez, Valdunquillo, y Sixte, 2017).

Una vez analizado en qué consiste la malformación de Chiari y los síntomas más comunes, cabe pensar, cuando decimos que suelen presentar alteraciones en el desarrollo ¿estamos haciendo referencia o englobando posibles dificultades en la lectura y la escritura que pueden presentar las personas con Chiari I? La mayoría de la literatura revisada enfoca este trastorno desde el punto médico y apenas tienen cabida las repercusiones en el ámbito del desarrollo y de aprendizajes escolares, y aún menos en el terreno del lenguaje escrito, sin embargo, cabe destacar un caso que permite esclarecer dudas al respecto. Estamos haciendo referencia a un estudio de caso realizado por Morcillo, Rebon, Rodríguez, Valdunquillo, y Sixte en el año 2016, más concretamente se trata de una evaluación llevada a cabo con un niño de nueve años que padecía el síndrome de Chiari -todo ello viene explicitado de forma rigurosa en su artículo “Cuando la biología y la cultura se encuentran. Evaluación de un niño con síndrome de Chiari en situación de desventaja socio cultural”, publicado en el año 2017-.

El niño, con una edad de nueve años y cinco meses, mostraba dolores de cabeza (desde los cinco años, causa por la que fue referido al doctor y por la que se pudo diagnosticar Chiari de tipo I), y además, con su edad, no aprendía a leer ni a escribir, hecho sorprendente teniendo en cuenta que había tenido suficientes oportunidades en el ámbito escolar para hacerlo, sin embargo, parece que este acontecimiento se había visto camuflado porque se desenvolvía en un ambiente con pocos recursos económicos y donde la estimulación tampoco era la deseada. Asimismo, podemos destacar que el niño había seguido una escolarización normal, encontrándose en tercer curso de Educación Primaria, a pesar de que curricularmente mostraba una competencia de segundo curso de Educación Infantil.

El equipo anteriormente señalado realizó una evaluación cuantitativa y cualitativa articulada en cuatro ámbitos: neuropsicológico y cognitivo, el lenguaje oral, el lenguaje escrito y conocimiento básico matemático. Atendiendo a los resultados obtenidos en el lenguaje escrito cabe destacar que tan solo se pudieron poner en marcha las subpruebas de reconocimiento de letras y comprensión oral (del PROLEC-R) debido a la incapacidad del niño para leer y/o escribir. En cuanto al reconocimiento de letras, entre las tareas requeridas podemos señalar el nombramiento e identificación de letras en relieve aislado, reconocimiento de palabras sencillas y conocidas, escritura de palabras sencillas y con

ayuda, o tareas de conciencia segmental. En referencia a la comprensión oral se decidió comprobar el grado de comprensión a través de unas preguntas literales e inferenciales, a las cuales el niño no contestó de forma correcta; y en las tareas de reconocimiento tampoco reconoció ningún grafema sólo ofrecía nombres de letras al azar.

En este caso, parece que los resultados hablan por sí solos, sin embargo, existe el factor del contexto en el que se desenvolvía el niño (empobrecido) con lo que es importante considerar que puede haber ejercido una gran influencia en el estado evolutivo del mismo, aún así es obvio que el grado de dificultades que presenta no pueden ser sólo atribuidas al contexto, pues existe una causa subyacente la cual todo apunta a que puede ser la malformación que sufre en el cerebelo (Morcillo, Rebon, Rodríguez, Valdunquillo, y Sixte, 2016). De este modo, parece que, de nuevo, podemos extraer conclusiones en las que también quedarían avaladas nuestras hipótesis de que el cerebelo tiene una gran implicación o participación en el lenguaje escrito.

En definitiva, se ha intentado responder a la pregunta si el cerebelo tiene implicación en el lenguaje escrito, para lo que se han abordado dos perspectivas diferentes, por un lado, exponiendo investigaciones y estudios con técnicas de neuroimagen que prueban su activación durante tareas de lectura y/o escritura, y por otro lado, abordando dificultades ligadas al lenguaje escrito y al cerebelo, de ambas formas se prueba la participación de esta estructura en la consecución de funciones lingüísticas, sin embargo, cabe destacar que todavía existen autores que se muestran escépticos a la hora de aceptar estas evidencias, por tanto, a pesar de que todo apunta a que el cerebelo es una estructura encefálica que no sólo cumple funciones motoras, debemos estar pendientes de los nuevos hallazgos y de las nuevas investigaciones (crecientes en los últimos años) porque la literatura científica se renueva cada día y en este campo, siempre hay que partir de la premisa de Stephen Jay Gould (2012) de que “no hay verdades absolutas sino certezas comprobables”.

6- CONCLUSIONES

Es necesario aludir en este momento al objetivo que nos planteábamos al comienzo del trabajo fin de grado, en él pretendíamos realizar una revisión bibliográfica que nos ayudara a conocer y comprender el papel que jugaba el cerebelo en el proceso de

desarrollo, adquisición y puesta en marcha del lenguaje escrito, de esta manera hemos de señalar que este fin se ha sido alcanzado gracias a la articulación de la revisión bibliográfica en función de tres puntos vertebradores, pues nos han permitido ir “desmigajando” cada uno de los elementos o factores, que en el propio título se señalan, haciendo posible la comprensión de la implicación de dicha estructura en el fenómeno del lenguaje escrito.

El primero de ellos, como no puede ser de otra manera, es la neurociencia, pues tal y como indica el propio título del trabajo que nos compete, el objetivo del mismo se ha abordado desde un enfoque neurocientífico; siendo esta la llave, con la que contamos los interesados en la materia, a la hora de abrir las puertas del conocimiento en lo que respecta a los procesos cognitivos de los seres humanos. Como se ha podido observar, la neurociencia nos aporta las claves anatómicas y biológicas que sustentan en este caso, el lenguaje. Asimismo, no podemos olvidar que este es uno de los procesos psicológicos superiores más importantes con los que ha contado la humanidad, pues nosotros, nuestra especie, es ahora lo que es, gracias a que en un momento dado surgió el lenguaje. Hoy en día, para acercarnos a este fenómeno desde un punto de vista objetivo, observable y fiable no queda otra opción, más que acudir a las aportaciones que nos ofrece la neurociencia al respecto y así se ha plasmado en este trabajo, con un agravante que hace aún más sensata su presencia, pues no podemos olvidar el ámbito o la profesión a la que nos debemos, la de ser maestros, la cual no podemos desligar del enfoque científico para conseguir su verdadera eficacia.

El segundo, hace referencia a la estructura que pretendíamos analizar, el cerebelo, parece obvia su incidencia en el documento, ya que se ha hecho un gran hincapié en la idea de que no aceptamos abordar un campo de estudio sin su expreso conocimiento, por tanto ¿cómo no dedicar un apartado al conocimiento profundo de esta estructura? Puede inferirse rápidamente su relevancia, y más aún si tenemos en cuenta que el cerebelo siempre se ha considerado una estructura con un papel menor, a la que tan sólo le competían funciones motoras y donde su implicación era mínima en el ámbito de procesos cognitivos, así representaba una gran motivación conocer qué se sabía hasta el momento.

El tercero es el lenguaje escrito, es cierto que este apartado ha sido el más extenso de todos, pero cabe pensar que esto subyace a una razón. El lenguaje en sí, es uno de los

procesos más complejos con los que cuenta el ser humano y que además ha sido objeto de estudio de grandes autores -a los cuales se les ha hecho referencia-. Además, el lenguaje escrito debe hacer alusión también, en parte, al lenguaje oral, pues éste representa la base de la lectura y la escritura. Por otro lado, debido a la extensa literatura científica que encontramos sobre este tema, hemos debido incidir en grandes modelos explicativos que nos permiten entender qué hace nuestro cerebro para decodificar y producir palabras escritas.

De este modo, y gracias al establecimiento de los apartados ya citados, se ha podido abordar el verdadero objetivo al que nos enfrentábamos, es decir, estábamos en condiciones de analizar y comprender la relación existente entre cerebelo y lenguaje escrito. En este caso, hemos podido asistir a la realidad a la que se exponía el cerebelo, pues como hemos detallado, incluso a día de hoy es una estructura que resalta, principalmente, por sus funciones motoras, sin embargo, cada vez más, salen a la luz indicios de que esta pequeña parte del encéfalo también lleva consigo funciones de carácter cognitivo. En esta línea, se ha abordado este apartado a partir de la explicitación de recientes estudios, como los llevados a cabo por Leiner (1991), Desmond (1998), Steiz, Canavan, Yagez y Tellmann (1994), Loritz, (1998), Defior-Citoler, Gutiérrez-Palma y Serrano-Chica, (2015), Nicolson y Fawcett, (2004), Morcillo, Rebon, Rodríguez, Valdunquillo, y Sixte, (2017), entre otros. Todos ellos avalan la implicación del cerebelo en aprendizaje, desarrollo y puesta en marcha del lenguaje escrito, bien a partir de investigaciones donde se practicaban pruebas de neuroimagen con animales o con personas que seguían los patrones típicos de normalidad -en ocasiones dichos animales o personas también contaban con déficits cerebelosos-, o bien a partir del estudio y análisis de personas con dislexia o que padecían la malformación de Chiari I.

En definitiva, cabe destacar que hoy en día contamos con grandes evidencias científicas que avalan la importancia que suponen las funciones realizadas por el cerebelo en materia del lenguaje escrito, sin embargo, no podemos afirmar sin caer en demagogia que la ciencia es la verdadera respuesta para todos los interrogantes al respecto, sino que es más correcto aludir a la idea de que, la ciencia se trata de una disciplina dinámica que nos hace avanzar a pasos pequeños.

7- BIBLIOGRAFÍA

- Akar, E. & Kara, S. & Akdemir, H. & Kiris, A. (2017). 3D structural complexity analysis of cerebellum in Chiari malformation type I. *Med Biol Eng Comput.* (55), pp. 2164-2189.
- Andreotti, J. & Prazeres, P. & Magno, L. & Romano-Silva, M. & Mintz, A. & Birbrair, A. (2018). Neurogenesis in the posnatal cerebellum aftes injury. *International Journal of Developmental Neuroscience.* (67), pp. 33-36.
- Barrios, M. & Guàrdia J. (2001). Relación del cerebro con las funciones cognitivas: evidencias neuroanatómicas, clínicas y de neuroimagen. *Revista de neurología,* (6), pp. 582-591.
- Basaran, R. & Efendioglu, M. & Senol, M. & Ozdogan, S. & Isik, N. (2018) Morphometric analysis of posterior fossa and craniovertebral junction in subtypes of Chiari malformation. *Clinical Neurolofgy and Neurosugery.* (169), pp. 1-11.
- Biología-AmaliaSobera (2018, junio, 10). Recuperado de: <http://biologia-amaliasobera.blogspot.com/2012/04/embriologia.html>
- Blakemore, S & Frith, U. (2007). *Cómo aprende el cerebro, las claves para la educación.* Barcelona: Ariel.
- Bocsh, L. & Colomé, A. & Diego-Balaguer, R. & Rodríguez Fornells, A. (2013). Lenguaje. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 485-516).
- Bravo Valdivieso, L. (2014). Psicología cognitiva y neurociencias de la educación en el aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. *Universidad Pontificia Católica de Chile.* (2), pp. 25-37.
- Clemente, R. (1995). *Desarrollo del lenguaje: Manual para profesionales de la intervención en ambientes educativos.* Barcelona: Octaedro.
- Cuetos Vega, F. (2008). *Psicología de la lectura.* Madrid: Wolters Kluwer España.
- Dehaene, S. (2016). *Aprender a leer: de las ciencias cognitivas al aula.* Buenos Aires: Siglo Veintiuno.

- Defior Citoler, S. & Serrano Chica, F. & Gutiérrez Palma, N. (2015). *Dificultades específicas de aprendizaje*. Madrid: Síntesis.
- Ellis, A.W. y Young, A.W. (1998). Neuropsicología cognitiva humana. Barcelona: Masson. Capítulo 8 (*Lectura: Un modelo compuesto para el reconocimiento y la producción de palabras*, pp. 191-238).
- EsLaSalud (2018, junio, 18). Recuperado de: <https://eslasalud.com/que-es-la-malformacion-de-chiari/>
- Fabbro, F. (2000). Introduction to language and cerebellum. *Journal of neurolinguistics*. (13), pp. 83-94.
- FacultadEfn (2018, junio, 15). Recuperado de: <http://www.facultad.efn.uncor.edu/webs/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Central/Cerebelo.htm>
- Fulbright, R. & Jenner, A, & Einer, W. & Pugh, K. & Shaywitz, B. & Shaywitz, S. & Frost, S. & Skudlarski, P. & Constable, R. & Lacadie, C. & Marchione, K. & Gore, J. (1999). The cerebellum's role in Reading: a functional mr imagin study. *Ajnr am J neuroradiol*, (20), pp. 1925-1930.
- Hickok, G. & Poeppel, D. (2004). Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92 (1), pp. 67-99.
- López Barroso, D. & Rodríguez Fornells, A. & De Diego Balaguer, R. (2014). Conexión esencial para aprender palabras. *Mente y Cerebro*. (68), pp. 42-43.
- López- Escribano, Carmen. (2007). Contribuciones de la neurociencia al diagnóstico y tratamiento educativo de la dislexia del desarrollo. *Revista de Neurología*. (3), pp. 173-180.
- López- Escribano, Carmen. (2009). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje y tratamiento educativo de la lectura. *Universidad Complutense de Madrid*. (1), pp. 47-78.

- Luria, A. (1984). *Conciencia y lenguaje*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Meyer, A. (2016). Aprender a hablar. *Mente y Cerebro*. (76), pp. 11-17.
- Morais, J. (1994). El arte de leer. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Moricllo, A. & Rebon, L. & Rodríguez, I. & Valdunquillo, M.I. & Sixte, R. (2017). Cuando la biología y la cultura se encuentran. Evaluación de un niño con síndrome de Chiari en situación de desventaja socio cultural. *Psicología y Educación: presente y futuro*, pp. 1812-1820.
- Murdoch, B. (2010). The cerebellum and language: historical perspective and review. *School of health and rehabilitation sciences*. (46), pp. 858-868.
- Nicolson, R. & Fawcett, A. (2004). El cerebelo: su implicación en la dislexia. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*. (2), pp. 35-58.
- Nieto Barco, A. & Wollman Engeby, T. & Barroso Ribal, J. (2004). Cerebelo y procesos cognitivos. *Anales de psicología*. (20), pp. 205-211.
- OnPub (2018, junio, 10). Recuperado de: <http://onpub.cbs.mpg.de/structural-connections-between-language-cortices.html>
- Paredes Duarte, M. & Varo Varo C. (2007). Lenguaje y cerebro: conexiones entre neurolingüística y psicolingüística. *Universidad de Cádiz*, pp. 107-119.
- Parkin, A. (1999) *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*. Madrid: Panamericana.
- Poldrack, R, Gabrieli, J. (2001). Characterizing the neural mechanisms of skill learning and repetition priming. Evidence from mirror reading. *Brain*. (124), pp. 67-82.
- Redolar Ripoll, D. (2013). Introducción a la organización del sistema nervioso. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 67-109).
- Rueda, M (2003). *La lectura. Adquisición, dificultades e intervención*. Salamanca: Amarú.
- Silveri, M. & Misciagna, S. (2000). Lenguaje, memory, and the cerebellum. *Journal of neurolinguistics*. (13), pp. 129-143.

TuCuerpoHumano (2018, junio, 8). Recuperado de: <http://tucuerpohumano.com/c-sistema-nervioso/giro-angular/>

Triviño Mosquera, M. & Bembibre Serrano, (2015). Desarrollo ontogenético del sistema nervioso. En *Neuropsicología infantil: a través de casos clínicos*. Madrid: Panamericana.

Whorf, B. (1956). *Language, thought and reality*. Cambridge: MIT Press.

Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.