

# **TRABALLO DE FIN DE GRADO**

Bases fisiológicas del proceso de adquisición del  
lenguaje. Aprendizaje y plasticidad.

Bases fisiolóxicas do proceso de adquisición da  
linguaxe. Aprendizaxe e plasticidade.

Physiological basis of language acquisition process.  
Learning and plasticity.

**Sara Mauri Martínez**

**Dir. Juan Casto Rivadulla Fernández**

**Grao en Logopedia**

**2013**

## ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Introducción	5
3. Formulación de la pregunta de estudio	10
4. Metodología	11
4.1. Tipo de estudio	11
4.2. Fechas de consulta	11
4.3. Criterios de inclusión y exclusión	11
4.4. Bases de datos empleadas y palabras clave	12
4.5. Estrategias de búsqueda	12
5. Resultados obtenidos	14
5.1. Nuevas técnicas de estudio en la organización del lenguaje	14
5.2. Adquisición y aprendizaje del lenguaje	16
5.3. Plasticidad cerebral	20
5.3.1. Traumatismo craneoencefálico y accidente cerebrovascular (ACV)	21
5.3.1.1. ACV perinatal	23
5.3.2. Sordera	24
5.3.3. Dificultades de aprendizaje del lenguaje	25
6. Discusión de los resultados	27
7. Bibliografía	29
8. Abreviaturas	33

## 1. Resumen.

**Objetivo:** El objetivo de esta revisión es conocer los métodos de estudio en la organización del lenguaje, el proceso de adquisición y aprendizaje del lenguaje y plasticidad cerebral, así como los beneficios de ésta en la rehabilitación de funciones en diferentes patologías.

**Método:** Se realizó una búsqueda de artículos en las bases de datos MEDLINE, PubMed y en la versión online de la Revista de Neurología, ajustando la búsqueda desde el 2005 hasta la actualidad. Finalmente, teniendo en cuenta una serie de criterios de inclusión y exclusión se han seleccionado para esta revisión sistemática 29 artículos.

**Resultados:** El total de los artículos seleccionados sostiene la importancia de la plasticidad cerebral en la rehabilitación de las funciones en patologías como el accidente cerebrovascular, traumatismo craneoencefálico, sordera y dificultades de aprendizaje, siendo más eficaz la intervención en edades tempranas. Además, en los estudios analizados se destaca la importancia de los métodos de neuroimagen y los procesos electromagnéticos para obtener información acerca de la organización cerebral del lenguaje, así como para evaluar la eficacia de la rehabilitación de las funciones como se cita anteriormente.

**Conclusiones:** Los beneficios de la intervención temprana gracias a la importancia de la plasticidad cerebral en la rehabilitación de funciones afectadas como el lenguaje en patologías como el accidente cerebrovascular, traumatismo craneoencefálico, sordera y dificultades de aprendizaje están totalmente reconocidos. No obstante, es necesario seguir realizando investigaciones donde se combinen diferentes métodos de estudio permitiendo investigaciones con colectivos más grandes y específicos.

**Palabras clave:** Adquisición del lenguaje, Plasticidad cerebral, Rehabilitación de funciones.

## Summary

**Objective:** The goal of this research is to have known of the study strategies related to brain organization for language, the language acquisition and learning process and cerebral plasticity as well as its benefits in the rehabilitation treatment of lost functions due to several diseases.

**Method:** It was made a search of articles on the MEDLINE and PubMed databases and also on the online version of the “Revista de Neurología” adjusting the search from 2005 to present.

Finally, 29 articles have been selected for this research on the basis of a series of inclusion and exclusion criteria.

**Results:** All the selected articles support the importance of brain plasticity in the rehabilitation of lost functions due to diseases such as stroke, traumatic brain injury, deafness and learning disability being the intervention more effective in early years. Furthermore, neuroimaging and electromagnetic processes to obtain information on brain organization for language as well as to evaluate the effectiveness of the rehabilitation of lost functions mentioned above stand out in the analyzed studies.

**Conclusion:** Benefits of early intervention are totally recognized thanks to the importance of brain plasticity in the rehabilitation of affected functions such as language in diseases such as stroke, traumatic brain injury, deafness and learning disability. Nevertheless, it is necessary to carry out investigations with a combination of several study strategies allowing investigations formed by bigger and more specific subjects.

**Key words:** Language acquisition, brain plasticity, rehabilitation of lost functions.

## 2. Introducción.

El lenguaje es uno de los elementos diferenciales del ser humano. Su desarrollo ha estado unido de manera indivisible al desarrollo, durante todo el proceso evolutivo, del sistema nervioso. A su vez, la adquisición y desarrollo de esa capacidad de comunicación ha supuesto una indudable ventaja evolutiva que ha contribuido de manera fundamental al desarrollo humano. Dentro del proceso de perfeccionamiento del sistema nervioso, un elemento clave para alcanzar el grado de refinamiento actual en el lenguaje, la comunicación y en general de lo que denominamos funciones cognitivas superiores, ha sido la aparición de los hemisferios cerebrales y la extensión de la corteza cerebral (Kolb & Whishaw, 2006)

Aunque en la actualidad admitimos que las distintas áreas de la corteza cerebral tienen funciones concretas (áreas visuales, áreas del lenguaje...) esta es una idea bastante reciente. Durante el siglo XIX existieron dos enfoques acerca de la relación mente-cerebro. Por una parte los holistas o antilocalizacionistas, que planteaban que las funciones mentales son el resultado de la actividad conjunta de todo el cerebro, y por otra parte los localizacionistas que pensaban que cada función mental es el resultado de la actividad de una o varias regiones específicas del cerebro. Estos últimos, llevaron sus argumentos demasiado lejos. A través de la escuela frenológica, y sin una base sólida que los soportase, atribuyeron una función concreta a cada parte del cerebro, incluyendo en estas funciones algunas tan complejas como la capacidad amorosa, la constancia o la responsabilidad. Además, pretendieron que estas capacidades de la corteza cerebral se reflejaban en la forma craneal con lo que el estudio de esta última nos podía llevar a conocer a la persona. Aunque sus ideas no estaban del todo erradas, quizás el extremismo al que las llevaron fue la causa de su fracaso.

Debemos tener en cuenta a la hora de juzgar algunas de estas teorías que en esa época los métodos de estudio del sistema nervioso en humanos eran enormemente limitados, y la fuente principal de información provenía del estudio de pacientes neurológicos, una vez que habían fallecido. Ese método, que requería enorme orden y paciencia por parte del investigador fue el utilizado por Paul Broca. Este se dio cuenta, analizando cerebros de pacientes que en vida habían tenido dificultades relacionadas con el lenguaje, que uno de sus pacientes que era incapaz de hablar pero mantenía

intacta la comprensión del lenguaje tenía dañada una zona concreta en el lóbulo frontal izquierdo. Esos resultados fueron confirmados con el estudio de otros pacientes, lo que indicaba que estaba de alguna manera integrada en el proceso de producción del lenguaje, esta zona de la corteza se conoce con el nombre de área de Broca.

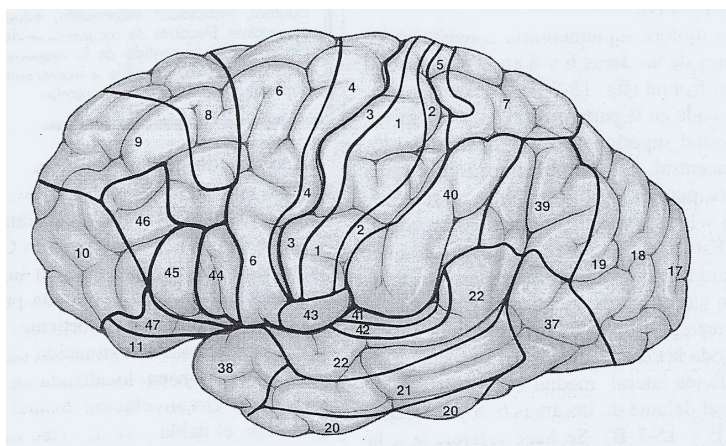
A pesar de que la frenología caía en el olvido, la hipótesis localizacionista tomaba más fuerza con la aparición de Carl Wernicke, que al igual que Broca estudió mediante autopsias las características del cerebro de pacientes con problemas del lenguaje. En este caso, observó que cuando la comprensión estaba deteriorada y el habla era articulada pero sin sentido, la lesión estaba situada en la corteza parietal posterior izquierda, de donde dedujo que esta área debía de estar relacionada con la comprensión del lenguaje (se denomina área de Wernicke). (Kolb & Whishaw, 2006; Ríos-Lago et al., 2008)

Wernicke fue un paso más allá y creó el primer modelo del lenguaje, en el cual integraba el conocimiento existente en la época sobre las características básicas de las áreas de Broca y Wernicke y su conexión mediante una región llamada fascículo arqueado. Este modelo, posteriormente modificado por Geschwind explicaba como interrelacionarían estas zonas de la corteza cerebral en los distintos procesos del lenguaje: repetición de una palabra escrita, hablada...además de predecir lo que ocurriría en el supuesto de lesión en alguna de las áreas implicadas, lo que se conoce como afasia.

Después de los estudios de Broca y Wernicke fueron muchos los que estudiaron las diferentes áreas corticales y sus funciones pero el mapa más popular de las áreas de la corteza cerebral lo representó el neurólogo alemán Korbinian Brodmann, que diferenció en base a su estructura anatómica, en 1909, 51 divisiones en la corteza cerebral. Más adelante, sobre los años 50, Wilder Penfield plantea un método innovador de localización de funciones cerebrales, el cual se convierte en un gran avance para la neuropsicología. Penfield aplicaba sobre pacientes que iban a ser sometidos a neurocirugía estimulación eléctrica cerebral, que consistía en aplicar una serie de pequeñas corrientes directamente sobre la corteza en lugares específicos mientras el paciente estaba despierto y posteriormente se le preguntaba qué sentía.

Hoy en día son muchos los métodos que existen para registrar la actividad cerebral y el mapa cortical funcional es algo más complejo que el de Brodmann con una nomenclatura a base de números, letras y nombres.

Con respecto al lenguaje, las regiones cerebrales que abarcan estas funciones se corresponden con las siguientes áreas de Brodmann: áreas 44 y 45 (área de Broca) encargadas de la expresión del lenguaje, área 22 y 39 (área de Wernicke) cuya función es la comprensión del lenguaje, fascículo arqueado, área auditiva primaria (41 y 42), cortex visual (17, 18 y 19), área motora primaria (4), zona dorsolateral del área 6 (área premotora), áreas 1, 2 y 3 encargadas de las sensaciones táctiles, articulares y musculares, área 40 cuya función es integrar e interrelacionar la información sensitiva, auditiva y visual, y el área 21 que hace una interpretación final de los sonidos. (Kolb & Whishaw,2006)



De los estudios de Broca, además de los aspectos concretos sobre el lenguaje, se derivaron resultados que influenciaron la idea general de organización de la corteza cerebral. Por ejemplo el hecho de que el hemisferio afectado en las afasias fuese el izquierdo indicaba que el lenguaje estaba localizado en un lado del cerebro, y abrió la puerta a la posibilidad de que otras funciones pudiesen estar también distribuidas de manera asimétrica entre los dos hemisferios, proceso que se conoce como lateralización.

Las funciones del lenguaje se encuentran en su mayor parte situadas en el hemisferio izquierdo, como planteó Broca, en el 90% de las personas diestras y un 70%

de las personas zurdas, aunque el hemisferio derecho se encarga de la prosodia, la interpretación emocional, la atención, etc...Además de otros procesos que tienen una representación mayoritaria en el hemisferio derecho y que aún sin ser exclusivos del mismo, también juegan un papel importante en el lenguaje, este es el caso de la memoria, la cual nos sirve para almacenar los conocimientos que recibimos a través del lenguaje.

Es decir, aunque cuando hablamos de lateralización tendemos a descargar toda la responsabilidad de un proceso sobre un hemisferio concreto, en el caso del lenguaje el hemisferio dominante sería el izquierdo, estamos simplificando un proceso que es mucho más complejo y en el que intervienen otras áreas corticales y subcorticales. Un proceso que además se modifica de manera continuada en función de la experiencia de nuestro propio sistema nervioso a través de lo que denominamos plasticidad. (Ríos-Lago et al., 2008)

Por otra parte, la corteza cerebral es una estructura cambiante, las conexiones entre neuronas se están reorganizando continuamente en función de la actividad del propio sistema. Desde las primeras etapas del desarrollo en las que se establecen las principales vías de comunicación entre las distintas áreas que formarán parte de un sistema, hasta los cambios que continuamente se están produciendo en la edad adulta y que son los responsables de los procesos de aprendizaje y memoria.

Dentro de este proceso y especialmente relacionado con el lenguaje se engloba el denominado periodo crítico. Como afirmaba Lenneberg (1967), si las conexiones entre neuronas implicadas en la adquisición del lenguaje se están organizando continuamente y no se hace uso de estos mecanismos, después de cierta edad, será muy difícil llegar a adquirir el lenguaje. Por esto, se podría decir que si un circuito cerebral no es estimulado por el medio ambiente, la función cerebral servida por ese circuito se verá comprometida (Kolb & Whishaw, 2006).

Cuando se produce una lesión y una parte de la corteza cerebral se ve afectada, es más fácil recuperar estas funciones en edad temprana debido a esta plasticidad como consecuencia de modificaciones de los circuitos neuronales, generación de circuitos nuevos o la generación de nuevas neuronas y células glias. A pesar de una mayor



plasticidad en edades tempranas, cuando las lesiones cerebrales se producen de forma tardía, existen métodos de rehabilitación funcional que también tratan de aprovechar al máximo esa plasticidad cerebral y conseguir solventar los déficits funcionales. (Kolb & Whisahaw, 2006; Ríos-Lago et al., 2008)

### 3. Formulación de la pregunta de estudio

Tras la revisión se espera conocer:

- ⌚ Métodos de estudio de la organización cerebral del lenguaje.
- ⌚ Conocimientos sobre el proceso de adquisición y aprendizaje del lenguaje y plasticidad cerebral.
- ⌚ Conocer los beneficios de la plasticidad cerebral en la rehabilitación del lenguaje en accidente cerebrovascular (ACV), ACV perinatal, traumatismo craneoencefálico (TCE), sordera y dificultades de aprendizaje del lenguaje.

## 4. Metodología

### 4.1. Tipo de estudio

Se realiza una revisión sistemática

Las revisiones sistemáticas de la literatura científica son estudios pormenorizados, selectivos y críticos que tratan de analizar e integrar la información esencial de los estudios primarios de investigación sobre un problema de salud específico, en una perspectiva de síntesis unitaria de conjunto. (Guerra et al. 2003)

### 4.2. Fechas de consulta

La búsqueda se ha realizado entre los meses de Mayo, Junio y Julio de 2013

### 4.3. Criterios de inclusión y exclusión

#### 4.3.1. Criterios de inclusión

- ⌚ Estudios o revisiones sistemáticas en los que se estudia el procesamiento y estructura cerebral del lenguaje.
- ⌚ Estudios o revisiones sistemáticas en los que se evalúa la implicación de la plasticidad cerebral en la recuperación de funciones en diversas patologías.
- ⌚ Estudios o revisiones sistemáticas a los que se puede tener acceso de forma gratuita o a través de los recursos de la biblioteca de la Universidade da Coruña.

#### 4.3.2. Criterios de exclusión

- ⌚ Aquellos estudios o revisiones sistemáticas que no cumplen con el objetivo de esta revisión sistemática.

#### 4.4. Bases de datos empleadas y palabras clave

Se lleva a cabo una búsqueda en las bases de datos MEDLINE y PubMed, y en la versión online de la Revista de Neurología utilizando las palabras clave: language development, brain plasticity, acquisition and language learning, language rehabilitation, plasticity in stroke, plasticity in deafness, traumatic brain plasticity y language learning difficulties.

#### 4.5. Estrategias de búsqueda

En una primera búsqueda aproximada se han empleado las palabras clave en la base de datos PubMed y MEDLINE, encontrando una gran cantidad de artículos en ambas bases de datos.

	PubMed	MEDLINE
“Language development”	4008	7520
“Brain plasticity”	2452	1296
“Acquisition and language learning”	18209	16670
“Language rehabilitation”	87	65
“Plasticity in stroke”	9396	13
“Plasticity in deafness”	1697	22484
“Traumatic brain plasticity”	5351	21095
“Language learning difficulties”	36	20

Para intentar ajustar la búsqueda se ha realizado una búsqueda avanzada en la cual se ajusta la fecha de publicación a los años 2005 en adelante, reduciéndose así el número de artículos de forma considerable. En esta revisión se encuentran artículos de fechas anteriores ya que el contenido de los mismos se ha considerado útil y de interés para esta revisión bibliográfica, estos artículos se encuentran publicados en la Revista Neurología.

Para la obtención del texto completo de los artículos se han utilizado las plataformas que las bases de datos nos proporcionan y en algunos casos debido a que se trata de artículos actuales, la búsqueda del texto completo se ha realizado en el buscador Google.

Después de realizar la búsqueda se han seleccionado 29 artículos con los que se ha realizado una revisión sistemática cuyos resultados se exponen a continuación.

## 5. Resultados obtenidos

### 5.1. Nuevas técnicas de estudio de la organización cerebral del lenguaje

Como se cita anteriormente, los primeros modelos del lenguaje se basaban en los déficits que mostraban los pacientes con lesiones cerebrales. En los últimos años, los estudios sobre la organización del lenguaje en el cerebro humano se han basado en las técnicas de neuroimagen: tomografía con emisión de positrones (PET), resonancia magnética funcional (fMRI), tensor de difusión (DTI); o en procedimientos electromagnéticos: magnetoencefalografía, electroencefalografía, etc... Estas técnicas tratan de establecer una relación directa entre las operaciones mentales junto con las zonas cerebrales activadas mientras éstas son ejecutadas. (Saur & Hartwigsen, 2012).

El método más usado para medir la activación cerebral hoy en día es la resonancia magnética funcional. La fMRI consiste en medir los niveles de oxigenación en la sangre. Cuanta mayor es la actividad neuronal, mayor será el flujo sanguíneo hacia esas zonas activas aumentando la señal de la resonancia magnética en las áreas que se activan en ese instante. (Smits et al., 2012). Otra técnica de neuroimagen utilizada es la tomografía por emisión de positrones que consiste en la introducción de un isótopo radiactivo de vida corta en sangre, el cual estará más concentrado en las zonas activadas. Los isótopos van a emitir positrones que al chocar dan lugar a radiaciones gamma de mayor o menor intensidad según la cantidad de isótopos acumulados. Estas radiaciones gamma serán captadas por un anillo de detectores que se le coloca al paciente alrededor de la cabeza dando lugar a diferentes imágenes radiológicas.

La resonancia magnética funcional se utiliza en un número mayor de estudios ya que presenta más ventajas que la PET. La fMRI tiene mayor resolución espacial y temporal, y no emite radiación a diferencia de la PET, por lo que permite realizar un número mayor de ensayos sin que afecte al paciente. Por otro lado el coste de la PET es mucho más elevado lo que hace más asequible la utilización de la resonancia magnética funcional.

Por otro lado, el tensor de difusión que es una reciente técnica de resonancia magnética, la cual es más sensible a lesiones en la sustancia blanca y permite medir el

grado de anisotropía de los protones de agua en los tejidos. La anisotropía es la propiedad del tejido cerebral normal que depende de la direccionalidad de las moléculas de agua y de la integridad de las fibras de sustancia blanca. De esta manera, permite crear imágenes de los tractos y fibras del sistema nervioso que se basan en las características de la difusión del agua en las diferentes regiones. La capacidad de esta técnica para detectar lesiones en el tejido cerebral es mayor que la de la mayoría de las técnicas de neuroimagen usadas hoy en día en la clínica, pero el acceso a DTI en España es muy limitado. (Tirapu- Ustárrroz et al., 2011; Smits et al., 2012)

Las técnicas de neuroimagen han sido y están siendo el gran pilar de los estudios acerca de las áreas cerebrales que afectan al lenguaje y las redes de conexiones que existen en el procesamiento del mismo y en relación a determinadas conductas. Sin embargo, las técnicas de neuroimagen no proporcionan gran información acerca de la organización funcional y dinámica de las redes neuronales involucradas en estos procesos, por lo que para ello son necesarios los procesos electromagnéticos como la electroencefalografía (EEG) o la magnetoencefalografía (MEG). (Gow Jr. & Caplan, 2012; Del Río et al., 2005).

La MEG se utiliza con frecuencia ya que muestra una excelente precisión en la localización de fuentes de actividad neuronal. Consiste en medir los campos magnéticos que genera el flujo de corriente intracelular y las variaciones en el campo magnético que éste produce. Por otro lado, la electroencefalografía consiste en registrar la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos que se colocan en el cuero cabelludo. Si comparamos estos dos procesos electromagnéticos podemos observar que los dos muestran muy buena resolución temporal siendo ésta prácticamente similar en ambas. La MEG presenta una resolución espacial mejor que la EEG pero por otra parte es un método muy caro. Por este motivo, ya que la EEG es el método más barato se viene usando desde hace 100 años y aunque la MEG se usa con frecuencia la EEG será en mayor cantidad. No obstante ambas nos van a permitir identificar señales específicamente relacionadas con el procesamiento de sucesos concretos.

Todas estas técnicas han servido no sólo para localizar las áreas que intervienen en el lenguaje y su organización, sino que serán de suma importancia en la práctica clínica ya sea para localizar las áreas alteradas previas a una intervención quirúrgica,

qué aspectos del procesamiento del lenguaje están alterados en diferentes patologías junto con la observación de la evolución posterior a una rehabilitación, etc. (Del Río et al., 2005)

## 5.2. Adquisición y aprendizaje del lenguaje

Los niños tienen una gran facilidad para desarrollar conductas que le van a permitir relacionarse e interactuar con el adulto. La mayor capacidad de interacción para los humanos es el lenguaje, la cual se cree que es innata, con una estructura anatomofuncional determinada y que además se va desarrollando mediante la estimulación adecuada del medio que rodea al niño. (Clemente & Villanueva, 1999; Castaño, 2003)

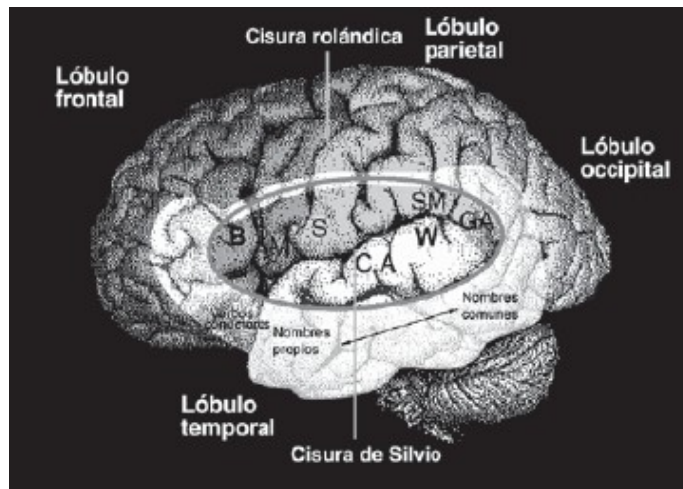
En cuanto a la estructura anatomofuncional del lenguaje, se puede decir que las áreas principales en el desarrollo del mismo son las áreas perisilvianas del hemisferio dominante (área de Broca y área de Wernicke), aunque también son necesarias grandes extensiones corticales en los dos hemisferios y una red de conexiones entre las mismas.

Por una parte, el área de Broca se encarga del ordenamiento de fonemas en palabras y oraciones, además del acceso a palabras funcionales, aspectos necesarios para la posterior producción del lenguaje. Por otro lado, se encuentra el área de Wernicke, cuya función es procesar los sonidos del habla y reconocerlos como palabras mediante la descodificación de los fonemas, siendo esto necesario por lo tanto para una buena comprensión del lenguaje. Estas dos áreas se encuentran conectadas por el fascículo arqueado para asegurar la relación entre las áreas receptoras y motoras del lenguaje.

El área de Wernicke se va a conectar además con las áreas motoras y promotoras a través de las vías corticocortical (implicada en el aprendizaje asociativo) y corticosubcortical (correspondiente al aprendizaje de hábitos). Posteriormente, los conceptos adquiridos se almacenan y organizan en las áreas de asociación de la corteza, donde los conceptos más específicos se encuentran en una zona anterior y los nombres



más comunes en una más posterior. Además, el área posterior del lenguaje será la superficie de contacto entre el área de Wernicke y las percepciones y los recuerdos.



*Sistemas del lenguaje. La línea que dibuja un óvalo delimita la región perisilviana del hemisferio izquierdo. B: Broca; W: Wernicke; CA: corteza auditiva; M: corteza motora; S: corteza sensitiva; SM: giro supramarginal; GA: giro angular. (Castaño, 2003)*

Son muchas las áreas cerebrales (corticales y subcorticales) que intervienen en el lenguaje tanto sensoriales como motoras por lo que en las siguientes tablas se muestra un breve resumen de las funciones de cada una de ellas

Área auditiva primaria (41 de Brodmann)	Recepción
Área auditiva secundaria (42 y 22 de Brodmann)	Reconocimiento
Área auditiva terciaria (21 de Brodmann)	Interpretación
Circunvolución del pliegue curvo o angular (39 de Brodmann)	Asociación de imágenes visuales y auditivas
Área de la formulación del lenguaje de Nielsen (37, 21 y 22 de Brodmann)	Formulación
Área visual primaria (17 de Brodmann)	Recepción
Área visual secundaria (18 de Brodmann)	Reconocimiento
Área visual terciaria (19 de Brodmann)	Interpretación

*Áreas sensoriales del lenguaje: integración y formulación del lenguaje interno.*

*(Etchepareborda, 2005)*

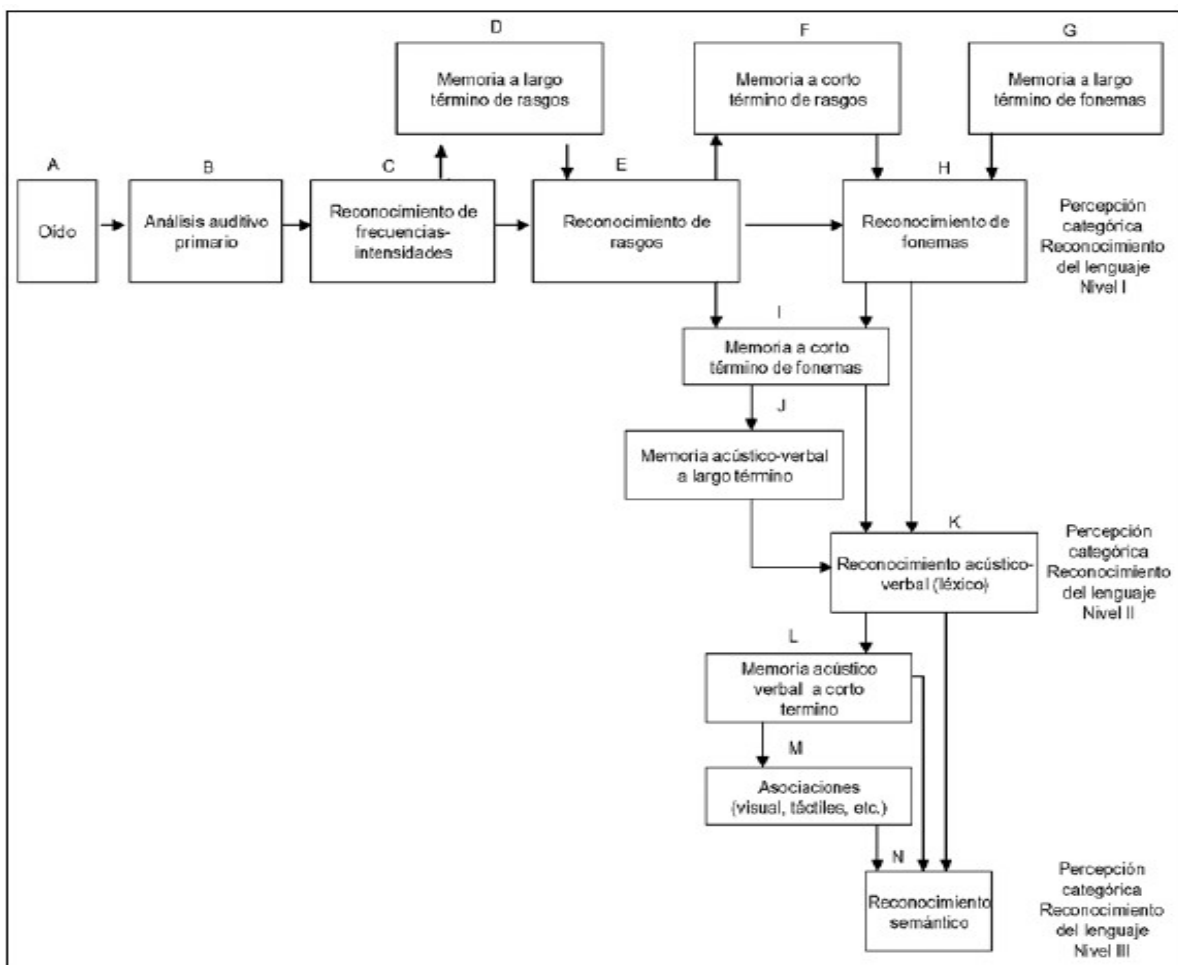
Área motora primaria (4)	Articulación motora
Área cinética premotora (17)	Función motora y cognitiva
Opérculo frontal (44, 45 y 47)	Planificación
Broca-corteza asociativa motora	Iniciación del habla y del lenguaje
Área prefrontal o área asociativa frontal (10, 24, 32 y 46)	Elaboración y producción del lenguaje

Áreas motoras del lenguaje  
(Etchepareborda, 2005)

Ganglios de la base	Coordinación
Cerebelo	Posición y sinestesia

Áreas subcorticales del lenguaje.  
( Etchepareborda, 2005)

Todas las áreas que intervienen en el lenguaje se relacionan entre sí formando un mecanismo de reconocimiento del lenguaje de forma estructurada, desde la palabra oída hasta el reconocimiento de la misma de manera semántica. En la siguiente imagen se muestra el modelo de reconocimiento del lenguaje planteado por Ardila en el 2006 en su artículo “Orígenes del lenguaje: un análisis desde la perspectiva de las afasias”.



En cuanto a la estimulación del entorno, desde que el bebé nace se establece un vínculo afectivo con los adultos que lo rodean (apego) y serán estos los que deben proporcionar al niño la estimulación lingüística suficiente para que el lenguaje se pueda desarrollar de forma efectiva en el niño. También será necesario por parte del niño un cierto nivel sociocognitivo e intención comunicativa. Esta intención comunicativa, durante los primeros meses de vida no será propiciada por el bebé sino que serán los adultos los que le atribuirán intencionalidad a ciertas acciones que realiza el niño.

Un comportamiento muy importante para el desarrollo del lenguaje es la imitación. El niño oye los enunciados de la madre y los repite, y posteriormente será la que imite al niño corrigiendo los errores de pronunciación. Además las autorrepeticiones ayudarán al niño a oír más veces los enunciados y así retenerlos mejor.

Todos estos procesos de adquisición del lenguaje, a su vez se realizan en entornos en los que los objetos juegan un papel muy importante. Todo el proceso de adquisición se basa en la relación directa entre los objetos y el lenguaje, hablando continuamente sobre lo que nos rodea: colores, formas, acciones... (adquisición de vocabulario) (Clemente & Villanueva, 1999)

Con la adquisición del vocabulario relacionado con el mundo que los rodea, en un principio el lenguaje es como un sistema de palabras, pero a finales del segundo año empiezan a relacionar esas palabras y a combinarlas creando oraciones simples. Sobre los 24-30 meses el lenguaje es telegráfico, usan dos palabras sin elementos conectivos. (Ardila, 2006). Después de los 3-4 años ya no se producen prácticamente cambios cualitativos en la adquisición del lenguaje, a partir de ahí hasta la adolescencia se van a desarrollar construcciones lingüísticas más complejas, mejoras en las habilidades narrativas con mayor consciencia del presente, pasado y futuro, además de adquirir conceptos pragmáticos como la ironía, metáfora, sarcasmo, etc. y habilidades lectoescritoras gracias a la consciencia fonológica. (López-Ornat, 2011).

Por otro lado, en el caso de que un niño aprenda dos lenguas de manera natural, es decir en situación de bilingüismo, las regiones cerebrales activadas serán las mismas para ambas lenguas, pero cada una de ellas dentro de las regiones que se encargan del lenguaje estarán representadas como subsistemas independientes entre sí, de esta

manera si se produce una lesión cerebral cada una de ellas se puede ver afectada de manera diferente (Gómez-Ruiz, 2010). Si el aprendizaje de la segunda lengua (L2) se produce en edad escolar el procesamiento será diferente al de la lengua materna ya que la segunda lengua no se aprenderá de manera inconsciente y las condiciones y el ambiente de aprendizaje serán diferentes en cada caso. La segunda lengua se va a aprender de manera metodológica y mediante ejercicios sin experimentar una inmersión lingüística completa en todos los ambientes como ocurre con la lengua materna. Sin embargo existen colegios hoy en día donde la interacción con los profesores y los compañeros en una L2 y el número de horas en los que se expone la lengua es mayor, por lo tanto las competencias que estos niños tendrán de esta segunda lengua aumentarán, aunque no llegará al mismo nivel lingüístico que la primera lengua.

Por otro lado, si el aprendizaje de la L2 ocurre en la edad adulta se observa un desarrollo más rápido en las primeras etapas ya que memorizan de forma más rápida el vocabulario y las estructuras gramaticales debido a la madurez cognitiva y a su desarrollo social. Sin embargo, les resultará muy difícil poder alcanzar el mismo nivel que el de la lengua materna a diferencia que si el aprendizaje se produce de manera temprana debido a la plasticidad cerebral que es mayor en estas edades y la información compleja se asimila de manera inconsciente y sin esfuerzo (Navarro-Romero, 2010)

### 5.3. Plasticidad cerebral

Para poder explicar las investigaciones acerca de las modificaciones cerebrales después de una intervención o rehabilitación, debemos tener claro el concepto de plasticidad cerebral, ya que será la base para comprender los siguientes puntos.

Narbona & Crespo- Eguillaz, 2012, definen en su estudio la plasticidad neuronal como “la capacidad del sistema nervioso para modelar su estructura y su función con arreglo a la experiencia, dando lugar a los procesos de aprendizaje, y en situaciones de pérdida patológica, a su capacidad para tratar de reactualizar las potencialidades del programa genético individual mediante fenómenos de remodelado”

La plasticidad es mayor durante la infancia pero el cerebro adulto también mantiene una capacidad para hacer una reorganización funcional y estructural del cerebro (Johansson, 2004). Tal neuroplasticidad puede tomar muchas formas: modificación de las áreas del cerebro ya sean directa o indirectamente relacionadas con el lenguaje o modificación del número de sinapsis y axones (Smits et al., 2012; De la Guía-Jiménez et al., 2008).

Todavía existen pocos estudios disponibles acerca de la plasticidad cerebral en cuanto a niveles subcorticales. Por este motivo, Krishnamurti et al., 2012, vieron la necesidad de estudiar la actividad neuronal del tronco cerebral auditivo a estímulos del habla, mostrándose en los resultados beneficios del entrenamiento auditivo en la plasticidad para las zonas subcorticales de igual modo que en las corticales, y observándose además que cuando se produce entrenamiento auditivo en el tronco cerebral aumentan también las conexiones sinápticas en el sistema auditivo central.

La plasticidad cerebral es común para todas las funciones y ejerce un papel importante en la rehabilitación de las mismas. Esta revisión se centrará en los procesos de plasticidad que intervienen en la recuperación y rehabilitación de la producción y procesamiento del lenguaje tras una lesión o patología (accidente cerebrovascular (ACV), traumatismo craneoencefálico (TCE), déficits auditivos, dificultades de aprendizaje).

### 5.3.1. Traumatismo craneoencefálico y accidente cerebrovascular.

El TCE es una de las causas más comunes de muerte y discapacidad en todo el mundo. Es habitual que exista daño neurológico leve o grave después de un TCE produciendo afectaciones en muchos casos en el lenguaje; disartria, afasias y trastornos auditivos. Afortunadamente el número de pacientes que mueren después de un TCE cada vez es menor y la recuperación de las funciones afectadas por el daño neurológico aunque es costosa, se ha mejorado mucho en los procesos de rehabilitación y se observan grandes mejoras. (Fandiño-Rivera, 2004; Pérez-Andrade & Poblano-Luna, 2007).

Por otro lado, al igual que ocurre con el TCE, cuando una persona sufre un ACV puede presentar debilidad muscular o parálisis junto con dificultades para caminar pero muchos de ellos presentan afasias o alteraciones en la capacidad de hablar, leer, escribir y comprender palabras o números. La afasia está presente aproximadamente en el 25% y 30% de personas que han sufrido un ACV y la mayoría recibe terapia del lenguaje generalmente durante el primer año. (Smits et al., 2012). A partir de esta terapia del lenguaje y gracias a la plasticidad cerebral se espera que recuperen las funciones o habilidades que han perdido, intentando que los circuitos neuronales dañados por el ACV o el TCE puedan ser reconstruidos (Hensch. et al., 2012).

Se sugiere que la recuperación de las funciones del lenguaje después de un ACV o un TCE ocurre en tres fases superpuestas: fase aguda (aprox. dos meses después de la lesión), fase subaguda (dura hasta 6 meses después de la lesión) y la fase crónica (comienza meses o años después de la lesión y puede continuar durante el resto de la vida de la persona). (Kiran, 2012; Saur & Hatwigsen., 2012). Debido a la existencia de estas fases, Saur & Hatwigsen, 2012, sugieren que valdría la pena investigar la posibilidad de aplicar diferentes protocolos de estímulos durante las diferentes fases de reorganización para avanzar el conocimiento sobre las áreas críticas para las funciones específicas del lenguaje, a través de la evolución temporal de la reorganización.

Se sabe que para la rehabilitación del lenguaje el hemisferio no dominante (hem. derecho en diestros y mayoría de los zurdos) juega un papel muy importante en las lesiones cerebrales, ya que las áreas lingüísticas homólogas en el hemisferio derecho asumen el papel de las áreas del lenguaje dañadas en el hem. izquierdo. (Narbona & Crespo- Eguillaz, 2012). Además, la eficacia de la recuperación de estas funciones del lenguaje no sólo depende de la plasticidad cerebral sino también de la intensidad del tratamiento (Saur & Hatwigsen, 2012). El tratamiento consistirá en realizar una estimulación cognitiva mediante tareas y ejercicios repetitivos para intentar activar circuitos neuronales y así recuperar las funciones afectadas por la lesión. Si las funciones dañadas o los procesos cognitivos afectados no pueden ser recuperados se deben realizar actividades de forma alternativa incluso con ayuda de material externo. Es conveniente en la rehabilitación utilizar las funciones que no tienen déficit para mejorar de algún modo el rendimiento de aquellas funciones que resultan alteradas. La adquisición del lenguaje después de una lesión cerebral consistirá en un reaprendizaje

del lenguaje desde lo más sencillo hasta lo más complejo, comenzando por la adquisición de vocabulario mediante la asociación imagen-palabra hasta la construcción de estructuras sintácticas, tratando a mayores la prosodia del lenguaje con terapias melódicas, sobre todo en lesiones que afectan a la producción del lenguaje.

#### 5.3.1.1. ACV perinatal

En los niños con ACV perinatal se observa un retardo en el inicio del lenguaje en todos los aspectos (comprensión temprana, balbuceos, primeras palabras, producción temprana de frases, etc.), tanto si la lesión se produce en el hemisferio izquierdo como en el hemisferio derecho. Si la lesión se produce en el hem. derecho existe un retraso en la comprensión, mientras que si se produce en el hem. izquierdo, el retraso es en la producción del lenguaje. (Reilly, Wasserman & Appelbaum, 2013).

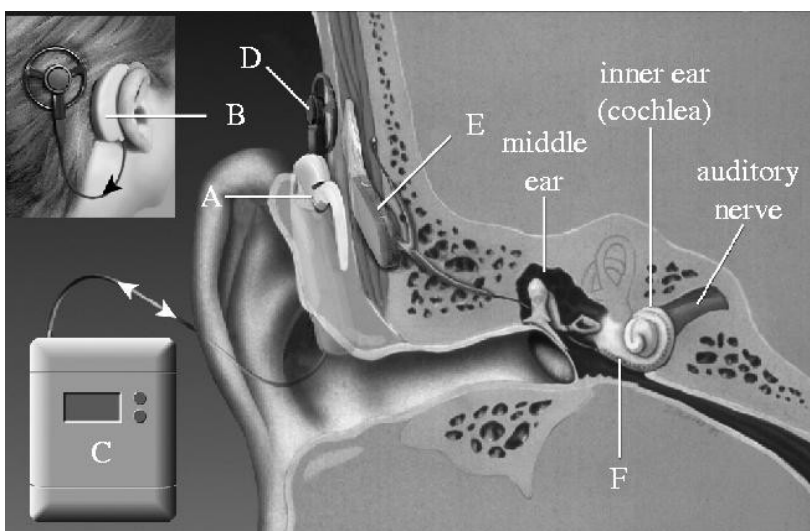
A pesar del retraso en el inicio del lenguaje, cuando la lesión se produce en edad prelingüística o en edades tempranas, el desarrollo lingüístico será aparentemente normal a largo plazo ya que se produce un remodelado de las conexiones gracias a la plasticidad cerebral que es mayor en estas edades (Narbona & Crespo- Eguillaz, 2012).

Aunque el desarrollo del lenguaje aparentemente haya sido normal, cuando estos niños que han sufrido ACV perinatal llegan a la adolescencia (7-16 años), se observa que existen pequeñas diferencias con sus iguales. Cuanto mayores son los niños, más diferencias existen. Si la lesión se encuentra en el hemisferio derecho, el desarrollo suele ser igual que el grupo normal excepto en la sintaxis compleja. Mientras que cuando la lesión se produce en el hemisferio izquierdo, se observan un número mayor de errores morfológicos, sintaxis menos compleja, menos tipos sintácticos y los escenarios de las historias son más pobres. Sacamos entonces como conclusión que en general, los niños que presentan características más pobres en el lenguaje son los niños más mayores con lesión en el hemisferio izquierdo (Reilly, Wasserman & Appelbaum, 2013).

### 5.3.2. Sordera

Otro tema principal de estudio es la plasticidad cerebral en niños con pérdida auditiva severa y su influencia en el desarrollo del lenguaje. La sordera congénita suele retrasar el comienzo de la adquisición del lenguaje, ya que aunque sus padres sean oyentes no reciben entrada del lenguaje funcional hasta que reciban servicios especiales para la estimulación del lenguaje o interactúen con otras personas sordas que utilizan lenguaje de signos. Al igual que ocurre con los ACV, si la estimulación se produce de forma temprana van a adquirir un buen nivel de lenguaje, aunque presentarán algunas diferencias con los niños sin afectación auditiva como se muestra más adelante (Ferjan-Ramirez et al., 2013; Weisi et al., 2012).

Esta estimulación temprana normalmente viene de la implantación de un implante coclear (IC), el cual va a promover las habilidades auditivas, comprensión del habla, desarrollo lingüístico oral y de la lectura. Un implante coclear es un dispositivo que es implantado quirúrgicamente y trata de proporcionar sensación de sonido a las personas con pérdida auditiva profunda o severa. El funcionamiento de los IC consiste en convertir los sonidos ambientes y del habla en señales eléctricas que serán enviadas al nervio auditivo (Weisi et al., 2012). Los beneficios en el desarrollo del lenguaje son mayores cuando el IC es implantado a menos de dos años de edad (May-Mederake & Shehata-Dieler, 2013; Charroó-Ruíz et al., 2013). Por otra parte, cuando la pérdida auditiva es bilateral, la implantación unilateral va a producir una función auditiva limitada, por lo que un implante biaural producirá un mejor reconocimiento del habla.



*Funcionamiento del implante coclear (IC). (Graeme, 2006).*



El objetivo del IC es que los niños con pérdidas auditivas alcancen el mismo nivel lingüístico que los niños con audición normal. Sin embargo, el desarrollo del lenguaje va a depender en gran medida de la edad de implantación, el cual será mejor a edades tempranas. Por otra parte los estudios indican que el desarrollo del lenguaje de un niño con IC nunca será similar a un niño con audición normal, siendo estos más lentos para reconocer palabras, tienen peor reconocimiento del habla en situaciones de ruido, son más pobres en la localización del sonido y tienen una mayor variabilidad en el procesamiento de los sonidos del habla (Ingvalson & Wong, 2013)

Se ha demostrado que los niños con pérdida auditiva severa que usan audífonos convencionales presentan dificultades en la lectura mostrando grandes diferencias con los niños con audición normal y aumentando éstas con la edad. Esto se produce debido a una menor accesibilidad a la información fonológica y el mal conocimiento de la lengua hablada que se refleja en el lenguaje escrito, limitación que puede ser solventada si los padres consultan la posibilidad de la implantación coclear antes del aprendizaje de idiomas (Weisi et al., 2012).

Otras opciones para la recuperación del lenguaje además del IC pueden ser la lengua de signos y la lectura labial que además de observarse cambios sensoriales, muestran también cambios cognitivos, activándose el hemisferio izquierdo, el cual procesa la información lingüística. (Cardin et al., 2013). De esta manera se aprovechan las capacidades visuales que se muestran intactas para recuperar las funciones del lenguaje.

### 5.3.3. Dificultades de aprendizaje del lenguaje

El aprendizaje del lenguaje para los niños en general resulta una tarea fácil, sin embargo, para algunos niños el aprendizaje de su lengua materna se convierte en todo un esfuerzo. Estos niños suelen ser lentos en la producción de sus primeras palabras y en consecuencia, no pueden alcanzar el nivel de complejidad gramatical y la fluidez de comprensión que presentan los niños de su misma edad. A estas dificultades de aprendizaje del lenguaje se le conoce como trastornos específicos del lenguaje (TEL), y

muestra una estrecha relación con la dislexia ya que la mayoría de estos niños presentan dificultades para aprender a leer.

El lenguaje que presentan los niños discapacidades de aprendizaje, así como trastornos específicos del lenguaje o dislexia, formulan la hipótesis de que es una consecuencia de una organización cortical atípica. Se creía que el patrón habitual de la lateralización cerebral del lado izquierdo para el idioma se interrumpe en algunos niños lo que lleva a problemas en el lenguaje y así se ha demostrado posteriormente mediante estudios con resonancia magnética funcional. Sin embargo, la lateralización no se fija con el nacimiento, sino que puede cambiar con la edad, por lo que con una mayor estimulación del lenguaje en estos niños de manera temprana se puede llegar a conseguir que el nivel del lenguaje sea el correspondiente al de su edad (Bishop, 2013).

Se ha demostrado que los niños con dificultades de aprendizaje del lenguaje muestran dificultades en la percepción de cambios rápidos en señales acústicas, lo que puede dificultar la adquisición de estructuras fonémicas precisas durante los períodos sensibles del desarrollo. A su vez, estas estructuras fonémicas contribuyen también en la semántica, sintaxis y vínculo grafema-fonema. (Heim et al., 2013)

Para la rehabilitación de estos niveles del lenguaje oral, tanto el procesamiento auditivo como posteriormente la adquisición de la lengua, es beneficioso un entrenamiento en edades tempranas que permita establecer las habilidades del lenguaje así como habilidades tempranas para la lectura, como es el caso del programa informático Fast For Word (FFW), para el cual se han demostrado resultados muy positivos después del entrenamiento con el mismo (Heim et al., 2013; Krishnamurti et al., 2013).

## 6. Discusión de los resultados.

Después de realizar esta revisión sistemática y contrastar la información obtenida de todos los artículos utilizados para la misma, podemos decir que la plasticidad cerebral que consiste en la capacidad que tiene el sistema nervioso para modificar su estructura y las funciones en base a la experiencia, además de poseer la capacidad para hacer una reorganización funcional y estructural del cerebro, juega un papel importante en la recuperación de funciones cuando la pérdida de las mismas se produce de forma patológica. Las investigaciones indican que una intervención temprana es beneficiosa en la rehabilitación de cualquiera de las lesiones que se han citado a lo largo de la revisión (TCE, ACV, ACV perinatal, sordera y dificultades de aprendizaje), ya que la plasticidad es mayor a edades tempranas y la recuperación de las funciones alteradas se produce con más facilidad. A mayores, debemos decir que la información que proporcionan la mayoría de los artículos encontrados corresponde al estudio de la plasticidad en áreas corticales, por lo que es importante seguir estudiando la plasticidad cerebral en áreas subcorticales para contrastar la información en ambas zonas y así obtener mayor fiabilidad ya que muchas lesiones afectan a esas regiones.

Refiriéndonos a los métodos de estudio, observamos que las técnicas de neuroimagen y los procedimientos electromagnéticos juegan un papel muy importante en la obtención y contraste de información. Son métodos efectivos por lo que es recomendable continuar realizando estudios de este tipo en poblaciones de pacientes específicos. Comparando los diferentes estudios que han utilizado estos métodos de evaluación, observamos que los resultados se han obtenido a partir de una primera evaluación después de la terapia, pero sería conveniente en próximos estudios hacer seguimientos adicionales de evaluaciones después de la intervención inicial, proporcionando así información acerca del comportamiento a largo plazo y resultados neurofisiológicos. Como por ejemplo, en cuanto al ACV sabemos que el número de afectados cada vez es mayor y el número de estudios que analizan las bases neuronales de la recuperación son limitadas y en ocasiones mal controladas, por lo que es importante realizar evaluaciones específicas observando las diferentes etapas del ACV y el curso de recuperación del lenguaje de manera específica y contrastada.

Lo ideal en todos los estudios sería realizar un enfoque multimodal combinando diferentes métodos, técnicas de neuroimagen funcionales y/o estructurales con técnicas de estimulación transcraneal. Permitiendo así una identificación de áreas del cerebro implicadas en el lenguaje específicas y permitiendo investigaciones longitudinales y de colectivos más grandes. Por otro lado, será importante también contrastar los resultados con el grupo control con tratamiento y sin tratamiento.

## 7. Bibliografía

- Ardila, A. (2006). Orígenes del lenguaje: un análisis desde la perspectiva de las afasias. *Revista de Neurología*, 43 (11), 690-698.
- Bichop, D. (2013). Cerebral Asymmetry and Language Development: Cause, Correlate or Consequence?. *Science*, 340.
- Cardin, V., Orfanidou, E., Rönneberg, J., Capek, C.M., Rudner, M. & Woll, B. (2012). Dissociating cognitive and sensory neural plasticity in human superior temporal cortex. *Nature Communications*.
- Castaño, J. (2003). Bases neurológicas del lenguaje y sus alteraciones. *Revista de Neurología*, 36 (8), 781-785.
- Charroó-Ruiz, L.E., Picó, T. et al. (2013). Cross-Modal Plasticity in Deaf Child Cochlear Implant Candidates Assessed Using Visual and Somatosensory Evoked Potentials. *MEDICC Review*, 15 (1), 16-22.
- Clemente, R.A., Villanueva, L. (1999). El desarrollo del lenguaje: los prerrequisitos psicosociales de la comunicación. *Revista de Neurología*, 28 (2), 100-105.
- De la Guía-Jiménez, E., Del Río, D., González-Sanz, L., Maestú, F & Ortiz, T. (2008). Estudio de la reorganización funcional del lenguaje en un paciente con lesión perinatal del hemisferio izquierdo. *Revista de Neurología*, 46 (12), 727-730.
- Del Río, D., Santiuste, M., Capilla, A., Maestú, F., Campo, P., Fernández-Lucas, A. & Ortiz, T. (2005). Bases neurológicas del lenguaje. Aportaciones desde la magnetoencefalografía. *Revista de Neurología*, 41 (1), 109-114.
- Etchepareborda, M.C. (2005). Bases neurológicas del desarrollo del lenguaje. *Revista de Neurología*, 41 (1), 99-104.

- Fandiño-Rivera, J. (2004). Traumatismo craneoencefálico e ictus isquémico: ¿secuela tardía?. *Revista de Neurología*, 38 (10), 912-915.
- Ferjan-Ramirez, N., Leonard, M.K., Torres, C., Hatrak, M., Halgren, E. & Mayberry, R.I. (2013). Neural Language Processing in Adolescent First-Language Learners.
- Gómez-Ruiz, M.I. (2010). Bilingüismo y cerebro: mito y realidad. *Neurología*, 25 (7).
- Gow Jr, D.W. & Caplan, D.N. (2012). New levels of language processing complexity and organization revealed by Granger causation. *Frontiers in Psychology*, 3 (506).
- Graeme, M.C. (2006). The multiple- channel cochlear implant: the interface between sound and the central nervous system for hearing, speech, and language in deaf people- a personal perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361 (1469), 791-810.
- Guerra, J.A., Muñoz, P.M. & Santos-Lozano, J.M. (2003). Las revisiones sistemáticas, los niveles de evidencia y grados de recomendación. *MBE: las revisiones sitemáticas*.
- Heim, S., Keil, A., Choudhury, N., Friedman, J.T. & Benasich, A.A. (2013). Early gamma oscillations during rapid auditory processing in children with a language-learning impairment: Changes in neural mass activity after training. *Neuropsychologia*, 51, 990-1001.
- Hensch, T.K. & Bilimoria, P.M. (2012). Re-opening Windows: Manipulating Critical Periods for Brain Development. *Celebrum*.
- Ingvalson, E.M. & Wong, P.C.M. (2013). Training to improve language outcomes in cochlear implant recipients. *Frontiers in Psychology*, 4.

- Johansson, B.B. (2004). Brain plasticity in Elath and disease. *Keio J Med*, 53 (4), 231-246.
- Kiran, S. (2012). What Is the Nature of Poststroke Language Recovery and Reorganization?. *International Scholarly Research Network (ISRN) Neurology*, 1-13.
- Kolb, B. & Whishaw, I.Q. (2006). *Neuropsicología humana*. Madrid. Ed. Médica Panamericana.
- Krishnamurti, S., Forrester, J., Rutledge, C & Holmes, G.W. (2013). A case study of the changes in the speech-evoked auditory brainstem response associated with auditory training in children with auditory processing disorders. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 594-604.
- López.Ornat, S. (2011). La adquisición del lenguaje, un resumen en 2011. *Revista de investigación en Logopedia*, 1 (1), 1-11.
- May-Mederake, B., Shehata-Dieler, W. (2012). A case study the auditory and speech development of four children implanted with cochlear implants by chronological age of 12 months. *Case Reports in Otolaryngology*.
- Navarro-Romero,B. (2010). Adquisición de la primera y segunda lengua en aprendientes en edad infantil y adulta. *Revista Semestral de Iniciación a la Investigación en Filología*, 2, 115-128.
- Narbona, J., Crespo-Eguílaz, N. (2012). Plasticidad cerebral para el lenguaje en el niño y el adolescente. *Revista de Neurología*, 54 (1), 127-130.
- Pérez-Andrade, M.A. & Poblano-Luna, A. (2007). Afasia e hipoacusia secundarias a traumatismo craneoencefálico en niños y adolescentes. *Revista de Neurología*, 45 (1), 62-63.
- Reilly, J.S., Wasserman, S. & Appelbaum, M. (2013). Later language development in narratives in children with perinatal stroke. *Development Science*, 16 (1), 67-83.

- Ríos-Lago, M., Tirapu-Ustárrroz, J. & Maestú-Unturbe, F. (2008). *Manual de Neuropsicología*. Barcelona. Ed. Viguera.
- Saur, D. & Hartwigsen, G. (2012). Neurobiology of Language Recovery After Stroke: Lessons From Neuroimaging Studies. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(1), 15-25.
- Smits, M., Vish-Brink, E.G., van de Sandt-Koenderman, M.E. & van der Lugt, A. (2012). Advanced Magnetic Resonance Neuroimaging of Language Function Recovery After Aphasic Stroke: A Technical Review. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(1), 4-14.
- Tirapu-Ustárrroz, J., Luna-Lario, P., Hernáez-Goñi, P. & García-Suescun, I. (2011). Relación entre la sustancia blanca y las funciones cognitivas. *Revista de Neurología*, 52 (12), 725-742.
- Weisi, F., Rezaei, M., Rashedi, V., Heidari, A., valadbeigi, A. & Ebrahimi-Pour, M. (2012). Comparison of reading skills between children with cochlear implants and children with typical hearing in Iran. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 1317-1321.



## 8. Apéndice I: Abreviaturas

ACV: Accidente cerebrovascular.

DTI: Tensor de difusión.

EEG: Electroencefalografía.

FFW: Fast For Word (programa informático)

fMRI: Resonancia magnética funcional.

Hem.: Hemisferio cerebral.

IC: implante coclear.

L2: Segunda lengua.

PET: Tomografía por emisión de positrones.

TCE: Traumatismo craneoencefálico.

TEL: Trastorno específico del lenguaje.