



**UNIVERSIDAD
MAYOR**

**FACULTAD DE HUMANIDADES
MAGÍSTER EN NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
TESINA**

**Análisis comparativo de las áreas cerebrales
implicadas en el lenguaje tanto en su
modalidad oral como en lengua de señas.**

TESINA PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE MAGISTER EN
NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Alumnos:

Valdés Ibáñez Fernando

Vial García Francisca

Profesor:

Molina Díaz Claudio

2019

INDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. PROBLEMA	7
3. PROPÓSITO.....	8
4. FUNDAMENTACIÓN	9
5. RELEVANCIA	10
6. OBJETIVOS.....	12
6.1 Objetivo general.....	12
6.2 Objetivos específicos, pregunta principal y preguntas secundarias.....	12
7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	14
8. ESTADO DEL ARTE DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	17
8.1 Tabla de contenidos.....	17
8.2 Esquema de contenidos	18
8.3 Contenidos.....	19
8.3.1 Neurociencia del lenguaje.....	19
8.3.2 Neurobiología del lenguaje.....	20
8.3.3 Áreas cerebrales implicadas en la modalidad auro-vocal del lenguaje.....	22
8.3.3.1 Modelo clásico de Broca-Wernicke-Geschwind.....	22
8.3.3.2 El conectoma del lenguaje	28
8.3.4 Áreas cerebrales implicadas en la modalidad viso-gestual del lenguaje	36
8.3.5 Semejanzas y diferencias de las áreas cerebrales implicadas en las dos modalidades del lenguaje	42
9. RESULTADOS.....	44
9.1 Discusión de resultados.....	44
10. CONCLUSIONES	46
11. BIBLIOGRAFÍA.....	49

RESUMEN

El lenguaje, como una de las funciones cognitivas mayores del ser humano, ha sido objeto de estudio de la neurobiología desde los principios de esta. Produciéndose distintos modelos neuroanatómicos con un correlato funcional. El modelo clásico de Broca-Wernicke ha sido el modelo hegemónico hasta ahora. Pero, en las últimas décadas, gracias a las nuevas técnicas de neuroimagen, se ha dado un giro a modelos más funcionales, dirigido no solo a las áreas corticales, sino también a áreas subcorticales y redes de conexión neural, proponiéndose un modelo de conectoma del lenguaje. No obstante lo anterior, en el desarrollo de la neurobiología del lenguaje se consideró solo a las lenguas orales utilizadas por personas oyentes. Esto, sesgó la investigación de las bases neuroanatómicas del lenguaje a la modalidad auro-vocal.

En las últimas décadas, las lenguas de señas, de la modalidad viso-gestual del lenguaje, se han posicionado en el paradigma lingüístico y neurolingüístico. Esta forma de lenguaje da la posibilidad de revisar y corregir el conocimiento que se ha desarrollado en torno a las áreas cerebrales que se activan en el procesamiento lingüístico, y mejorarlo.

En la presente investigación de recopilación bibliográfica se plantea establecer las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje, tanto en las lenguas orales como en las lenguas de señas, lo que permite una caracterización de la función cognitiva del lenguaje como una capacidad multimodal de la comunicación humana.

Palabras claves: neurobiología - lenguas orales - modelo clásico - conectoma del lenguaje - lenguas de señas - modalidad viso-gestual - sistema escolar.

ABSTRACT

Language, as one of the major cognitive functions of human beings, has been the subject of the study of neurobiology since its beginnings. Different neuroanatomical models are produced with a functional correlate. The classic model of Broca-Wernicke has been the hegemonic model until now. But, in the last decades, thanks to the new neuroimaging techniques, a more functional model has been turned around, focused not only to the cortical areas, but also to subcortical areas and networks of neural connection, proposing a model of connectome language. Notwithstanding, in the development of the neurobiology of language, only the spoken languages used by hearing people were considered. This skewed the investigation of the neuroanatomical bases of language to the auro-vocal modality.

In recent decades, sign languages, of the visuo-gestural modality of language, have been positioned in the linguistic and neurolinguistic paradigm. This form of language proposes the possibility to review and correct the knowledge that has developed around the brain areas that are activated in linguistic processing, and improve it.

In the present investigation of bibliographic review it is proposed to establish the cerebral areas involved in the language, in both spoken and signed languages, which allows a characterization of the cognitive function of language as a multimodal capacity of human communication.

Keywords: neurobiology- spoken languages - classical model - language connectome - sign language - viso-gestural modality - school system.

1. INTRODUCCIÓN

En el estudio de las neurociencias destaca el reconocimiento de las funciones cognitivas que se definen como “el conjunto de procesos que permiten el procesamiento de la información y el desarrollo del conocimiento” (OCDE, 2016: 36). Entre estas, destacan las funciones cognitivas de carácter elevado, que corresponden a los procesos más elaborados del cerebro humano. Dentro de las funciones cognitivas a las que hacemos referencia, destaca la capacidad de lenguaje.

Así entonces, el lenguaje puede ser definido en palabras de Colombo (2009: 10), como “una función psicológica específicamente humana, de fundamental importancia, pues es el principal instrumento que funda cultura”. Esta función psicológica debe tener un respaldo neurocognitivo importante para poder ser el principal instrumento que funda cultura entre nuestra especie.

Grandes esfuerzos se han realizado con el fin de conocer cuál es la estructura neuronal que sustenta la función del lenguaje humano, desde finales del siglo XIX, con Broca y Wernicke, hasta los modelos más modernos (Tremblay y Dick, 2016). Sin embargo, es importante destacar que los modelos propuestos para la neurobiología del lenguaje han sido fundados principalmente desde una concepción unimodal del lenguaje, es decir, la modalidad auro-vocal.

No obstante lo anterior, a comienzos de la década de 1960 las lenguas de señas comienzan a ser estudiadas como lenguas naturales (Stokoe, 1960), y en la segunda mitad de la década de 1970 comienzan a realizarse trabajos de investigación neuronal con personas sordas señantes nativas de la lengua de señas americana (Klima y Bellugi, 1979), lo que determinó, en primer momento, rasgos similares en el nivel neuronal entre las lenguas orales y las lenguas de señas.

Debido a lo antes mencionado, es que resulta relevante analizar las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje tanto en la lengua oral como en la lengua de

señas, a modo de comparar las propiedades neuronales de las lenguas de señas como lenguas de una modalidad diferente a las lenguas orales. Esto permite una caracterización de la función cognitiva del lenguaje como una capacidad multimodal de la comunicación humana, como lo describe Ibáñez (1999, 47) “El lenguaje se constituye cuando el observador puede describir interacciones en las cuales los participantes que operan en coordinaciones de acciones consensuales aplican las consecuencias de su operar anterior en coordinaciones de acciones consensuales a su interacción presente”. En este sentido no es explícito el acto del habla, sino que se hace referencia a cuando se establece el proceso de comunicación independiente de su modalidad.

Así entonces, esta propuesta de investigación espera contribuir con resultados concretos que puedan sustentar nuevas decisiones en cuanto a selección y aplicación por parte de los profesores o directivos de establecimientos educacionales de nuevas estrategias metodológicas que favorezcan el lenguaje, desde una mirada holística, sin establecer diferenciaciones debido a la modalidad. Tal como lo hace la propuesta del decreto 83/15 emergido del Ministerio de educación respecto de la diversificación de la enseñanza para la atención de todos los estudiantes, sin distinción respecto de su género, necesidad educativa, tiempo de respuesta u otro, siempre que esto sea necesario (Mineduc, 2015).

Finalmente, este trabajo también aporta para futuras revisiones, correcciones o una nueva reformulación del marco curricular y programas de estudio que consideren las áreas cerebrales implicadas en las lenguas de señas, para potenciarlas y trabajarlas de manera integral.

En lo siguiente entonces, se da a conocer el planteamiento del problema que sustenta esta investigación.

2. PROBLEMA

Los resultados de diversas investigaciones relacionadas con las funciones cognitivas más elevadas, que corresponden a los procesos elaborados del cerebro, evidencian que el lenguaje es sumamente importante para el desarrollo integral de un ser humano (OCDE, 2009).

Aunque en las últimas décadas se han producido numerosos avances, particularmente interesantes en lo que concierne al estudio del lenguaje, este se ha centrado específicamente en su modalidad oral y la correspondiente activación de las áreas cerebrales implicadas (Yule, 2007). Los estudios de las lenguas de señas y su correlato neuronal tuvieron un fuerte período de investigación durante la década de 1970 y 1980, sin embargo, hasta el día de hoy se realizan pocas investigaciones neurolingüísticas de la lengua de señas. Estas podrían ser de un importante valor epistemológico al desarrollo de las nuevas tendencias en los estudios del lenguaje y el cerebro como el conectoma del lenguaje (Tremblay y Dick, 2016), definido este último por Sporns (2005 en *Orbitas Científicas* vol. 27; 2014) como *“la descripción completa de la conectividad estructural (el cableado físico) del sistema nervioso de un organismo”*.

Bajo esta premisa es que surge la inquietud en cuanto a las áreas cerebrales relacionadas con el lenguaje que se activan en las lenguas de señas y se plantea la problemática:

¿Se activan las mismas áreas cerebrales en las lenguas orales y en las lenguas de señas?

En el siguiente apartado se da a conocer el propósito que sustenta esta investigación, es decir, las ideas que justifican este trabajo y el para qué de su realización.

3. PROPÓSITO

Con esta investigación, se busca analizar las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje tanto en la lengua oral como en la lengua de señas, a modo de comparar las propiedades neuronales de las lenguas de señas como lenguas de una modalidad diferente a las lenguas orales. Esto permite una caracterización de la función cognitiva del lenguaje como una capacidad de la comunicación humana multimodal tal como ya se describió antes.

Además, esta propuesta de investigación pretende contribuir en la proyección de diferentes implicancias prácticas en las decisiones curriculares en cuanto a estrategias metodológicas que puedan fortalecer la estimulación del lenguaje en estudiantes sordos, junto con generar aprendizajes más significativos y no diferenciados de sus pares.

Los resultados obtenidos en esta investigación aportan al sistema educativo, por cuanto, permiten un acercamiento a las necesidades de los estudiantes sordos usuarios de la lengua de señas chilena (LSCh) a su realidad educativa, y a las características de aprendizaje como, por ejemplo, una adecuada estimulación del lenguaje corporal, visual, espacial y gestual desde edades tempranas. Tal como lo indica el decreto n°83/15 (Mineduc, 2015) dentro de los principios a, b, c y d que sustentan al mismo. Vale decir, dar una respuesta educativa oportuna, flexible, equitativa y de calidad a todos los estudiantes, pero principalmente a aquellos que presenten mayores dificultades o barreras para el aprendizaje.

Por consiguiente se presenta la fundamentación que sustenta esta tesina, es decir, las ideas fuerza que responden al por qué de su realización.

4. FUNDAMENTACIÓN

La presente tesina de recopilación bibliográfica permite, tal como se explicó en el apartado del planteamiento del problema, conocer si las áreas cerebrales que se activan durante el uso de la lengua de señas son las mismas, o difieren en algún grado, de las activadas en el uso de las lenguas orales. Lo que, metodológicamente, posibilitaría entonces utilizar las mismas técnicas de enseñanza del uso del lenguaje propuestas para el caso de la lengua oral en situaciones del uso de la lengua de señas, favoreciendo de esta forma el trabajo pedagógico en la aplicación de las neurociencias en el aula con personas con necesidades educativas especiales derivadas de discapacidad auditiva, ya sea de tipo regular o de educación especial.

Por ende, se aporta al estado del conocimiento acerca del tema de estudio con el fin de que se consideren las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje tanto en lengua oral como en lengua de señas (De Quadros, Lillo-Martin y Pichler, 2015).

Por otro lado, se entregan resultados concretos que pueden sustentar nuevas decisiones en cuanto a selección y aplicación por parte de los profesores o directivos de establecimientos educacionales de nuevas estrategias metodológicas que favorezcan el lenguaje, desde una mirada holística, sin establecer diferenciaciones debido a la modalidad.

Finalmente, este trabajo también sirve como sustento para futuras revisiones, correcciones o fuente de referencia ante una nueva reformulación del marco curricular y programas de estudio que consideren las áreas cerebrales implicadas en las lenguas de señas, para potenciarlas y trabajarlas de forma integral.

Así entonces a continuación, ahondaremos en la relevancia que manifiesta esta investigación.

5. RELEVANCIA

Esta investigación ha determinado su relevancia debido a que pretende por un lado caracterizar a las lenguas de señas dentro del marco de las lenguas naturales del lenguaje humano por medio de la investigación neurobiológica (Villa Rodríguez, 2014: 21). Entendiendo al lenguaje no solo como un acto verbal y que implica audición por parte del interlocutor, sino como un proceso de comunicación con otro y en el cual dicha comunicación puede ser también establecida de forma corporal o a través de gestos. Esta caracterización permite establecer cambios en cuanto a la concepción que se tiene de la lengua de señas en términos legales, la cual, hasta la fecha, por medio de la ley 20.422, se ha reconocido como el “medio de comunicación natural de la comunidad sorda” (Mideplan, 2018: art. 26), y no como la lengua oficial de la comunidad sorda en Chile, lo que va en perjuicio de las personas usuarias de esta lengua.

Por otro lado, colaborar con los estudiantes con el propósito de favorecer y desarrollar sus habilidades en el lenguaje, tanto en modalidad oral como lengua de señas, potenciando las áreas cerebrales implicadas en ambos casos (Emmorey, 2001), aportando de esta manera en la estimulación integral de su lenguaje.

Así como también, colaborar con los docentes en la selección y aplicación de estrategias metodológicas que puedan favorecer el adecuado desarrollo del lenguaje en estudiantes tanto oyentes como sordos, potenciando al máximo sus habilidades.

Además, colaborar con los directivos de los establecimientos educacionales para considerar el estudio realizado en el plan de acción educativo dentro del establecimiento, favoreciendo una adecuada implementación de las metodologías de enseñanza en pos del desarrollo integral del lenguaje de los estudiantes sordos.

Finalmente, a nivel gubernamental o ministerial, aportar al desarrollo de programas educativos que den respuesta a la demanda de diversidad en cuanto a

ritmos, tiempos y necesidades relacionadas con el lenguaje, en modalidad oral y visogesto-espacial, acogiéndose a los marcos de representación legal de las personas en situación de discapacidad establecidos en la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad (ONU, 2006).

Como ya se ha descrito a través del texto, la presente tesina manifiesta variados intereses que serán acotados a continuación en el apartado de los objetivos planteados para la misma.

SOLO USO ACADÉMICO

6. OBJETIVOS

A continuación se dan a conocer las intenciones más relevantes que sostienen esta investigación, enmarcadas en un objetivo general, guiado por objetivos específicos que se sustentan y se trabajan en función de dar respuesta a ciertas preguntas clasificadas en primarias y secundarias según su grado de relevancia.

6.1 Objetivo general

Por los precedentes expuestos con anterioridad, el objetivo general de la investigación es:

- Establecer las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje tanto en las lenguas orales como en las lenguas de señas.

6.2 Objetivos específicos, pregunta principal y preguntas secundarias

Los objetivos específicos, preguntas principales y preguntas secundarias se organizan en la siguiente tabla:

Tabla N°1: Objetivos específicos, preguntas principales y preguntas secundarias

Objetivos (específicos)	Pregunta principal	Preguntas secundarias
Analizar las bases neuroanatómicas y funcionales implicadas en las lenguas orales.	¿Cuáles son las áreas cerebrales implicadas en las lenguas orales?	¿Qué es neurobiología del lenguaje? ¿Cuáles bases y en qué áreas los autores vinculan con las lenguas orales? ¿Qué modelos se han concebido para explicar esta materia? ¿Es el modelo clásico el

		mejor exponente de la neurobiología del lenguaje? ¿Qué es el conectoma del lenguaje?
Analizar y caracterizar las bases neuroanatómicas y funcionales implicadas en las lenguas de señas.	¿Cuáles son las áreas cerebrales implicadas en las lenguas de señas?	¿Cuáles bases y en qué áreas los autores vinculan con las lenguas de señas? ¿Se relaciona con el modelo clásico y con el conectoma del lenguaje? ¿Cuáles son sus aportes a la neurobiología del lenguaje?
Comparar las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje en lenguas orales y lengua de señas.	¿Se activan las mismas áreas cerebrales en las lenguas orales y lenguas de señas?	¿Qué mencionan los distintos autores respecto al tema? ¿Existen zonas que el lenguaje oral comparte con las lenguas de modalidad viso-gestual? ¿Qué conclusiones se pueden generar sobre el tema?

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente apartado se da a conocer la metodología empleada en esta investigación, es decir, el conjunto de procedimientos y métodos utilizados para buscar, seleccionar, sistematizar, analizar e integrar la recopilación bibliográfica.

7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se ajusta a los propósitos de una investigación descriptiva, de tipo bibliográfica, con procesamiento documental, al presentar una visión general a partir de datos secundarios de los aspectos conocidos sobre el tema a tratar, es decir, las áreas cerebrales del lenguaje implicadas en lenguas orales y lenguas de señas.

La investigación se enmarca dentro de un estudio exploratorio, ya que pretende familiarizarse con el tópico antes mencionado.

El método de selección y discriminación para el desarrollo de la investigación se organiza en cuanto a la pertinencia de fuentes y autores. Dicha pertinencia se condice con la trayectoria científica y académica de los autores propuestos en esta investigación y su coherencia con el objeto de este estudio.

Uno de los criterios de selección de fuentes es la convergencia de estudios realizados entre la primera y la segunda década de este siglo. Lo que permite generar como recurso, la recopilación bibliográfica actual del tema en específico y las conclusiones proyectadas a partir de esta.

El tema que se trata en esta investigación, tiene relación con las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje. Para abordar la lengua oral y la lengua de señas, se seleccionan las siguientes fuentes:

- Libros especializados en las distintas disciplinas afines (Psicología del lenguaje, lingüística, psicolingüística, neurolingüística, lingüística de lengua de señas): Para el uso de este tipo de bibliografía como referencia, el criterio de selección es la especialización en las distintas disciplinas relacionadas con el tema de esta investigación, es decir, autores que son una referencia de la temática. Por otro

lado, se analizan, sistematizan y comunican dentro de la investigación bibliográfica en que se enmarca la tesina.

- Libros de neuroanatomía: Para este tipo de bibliografía, el criterio de selección es la trayectoria y trabajos de los autores, seleccionando así a aquellos investigadores que son una referencia temática. Se aborda el contenido de manera ilustrativa, utilizando imágenes con una breve descripción que pueda explicar el argumento planteado, lo que ayuda a describir de mejor forma las zonas o áreas del cerebro involucradas en el lenguaje tanto en modalidad aurovocal como viso-gestual.
- Artículos de revistas científicas: Para el uso de este tipo de documento como referencia, se opta por usar artículos publicados desde el año 2000 en adelante, dado que la investigación de la neurobiología del lenguaje de las lenguas visogestuales no se presenta como un tópico recurrente en la literatura, se opta por una revisión bibliográfica de mayor espectro respecto de su fecha de publicación. Los artículos son expuestos en la investigación como respaldo a distintos argumentos dirigidos a la problemática planteada. Cabe mencionar que los artículos e informes de investigaciones de revistas se recuperan mediante resúmenes analíticos, los que posteriormente, son analizados, sistematizados y comunicados dentro de la investigación bibliográfica que enmarca esta tesina.

Por lo antes mencionado, dado que se trata de una investigación bibliográfica, centrada en el procesamiento de información documental, se utiliza un diseño de tipo transversal, exploratorio y no experimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) la cual se llevó a cabo según el cronograma que se presenta a continuación.

Tabla N°2: Cronograma de actividades y tareas realizadas

Actividades	Semanas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elaboración de listado de temas.									
Elaboración de esquema de vinculación.									
Elaboración de criterios de búsqueda de información									
Levantamiento de criterios para seleccionar contenidos									
Selección de métodos, técnicas y herramientas para recuperar los resultados de la búsqueda bibliográfica realizada.									
Búsqueda bibliográfica									
Selección bibliográfica									
Análisis bibliográfico									
Elaboración de la Bibliografía									
Generación de Resultados									
Generación de Conclusiones									
Cierre del informe									

Fuente: Elaboración propia

8. ESTADO DEL ARTE DEL OBJETO DE ESTUDIO

En este apartado se presentan los contenidos a tratar dentro de la investigación organizados por un lado en una tabla y por otro en un esquema, además del marco referencial propiamente tal.

8.1 Tabla de contenidos

A continuación se presenta una tabla, que describe en forma sencilla y secuencial los contenidos abordados en el marco de referencia.

Tabla N°3: Descripción de contenidos del marco referencial

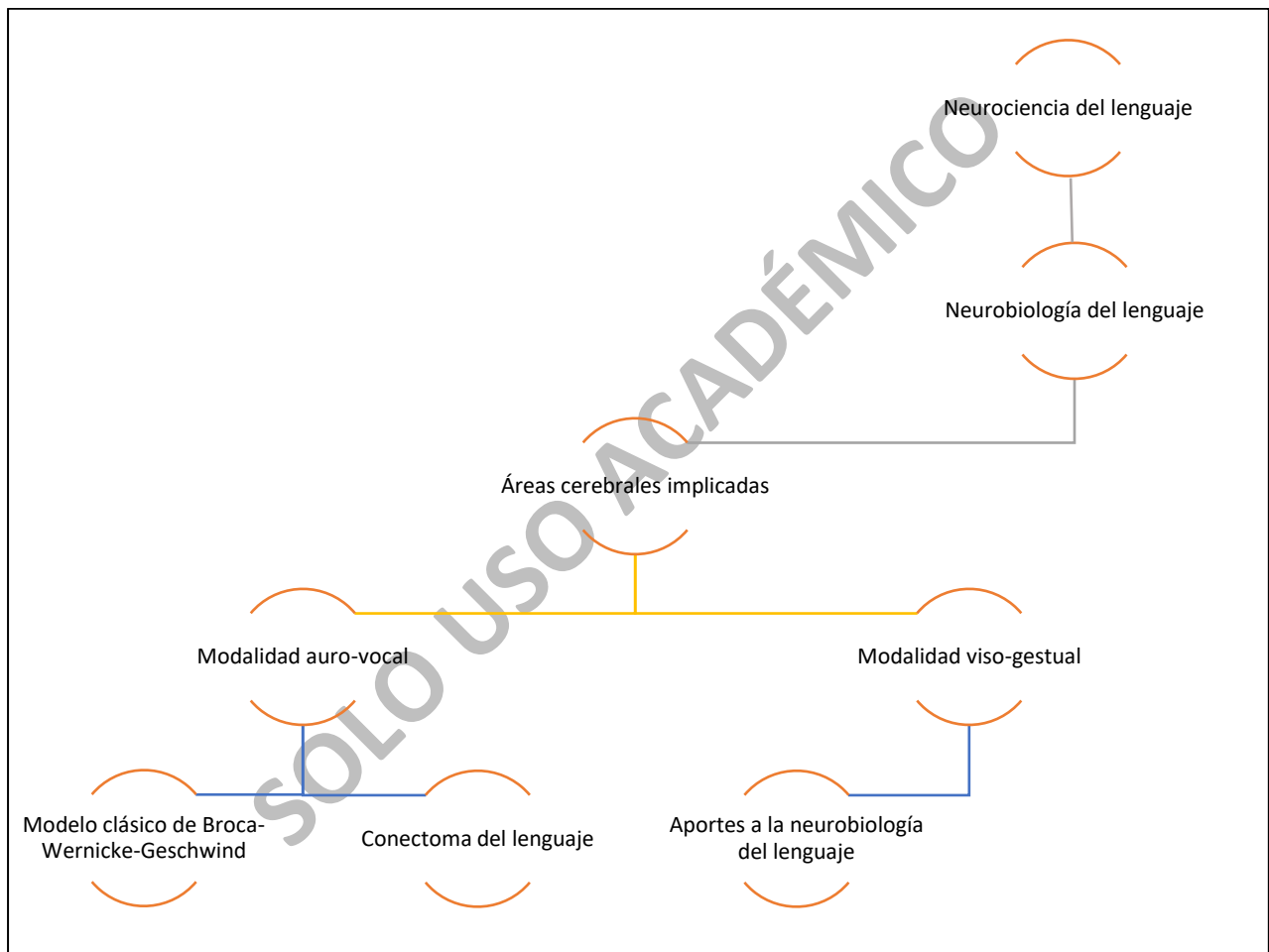
Contenidos
<ul style="list-style-type: none">- Neurociencia del lenguaje.- Neurobiología del lenguaje.
<ul style="list-style-type: none">- Áreas cerebrales implicadas en la modalidad auro-vocal del lenguaje.<ul style="list-style-type: none">o Modelo clásico de Broca-Wernicke-Geschwind.o Conectoma del lenguaje.
<ul style="list-style-type: none">- Áreas cerebrales implicadas en la modalidad viso-gestual del lenguaje
<ul style="list-style-type: none">- Similitudes y diferencias de las áreas cerebrales implicadas en ambas modalidades del lenguaje.

Fuente: Elaboración propia

8.2 Esquema de contenidos

En función de los tópicos a tratar en el documento de investigación, se presenta a continuación un esquema que grafica en forma sencilla y secuencial los contenidos trabajados en la misma.

Esquema N°1: Esquematización de contenidos del marco teórico



Fuente: Elaboración propia

8.3 Contenidos

Esta sección incluye una revisión de las temáticas que son relevantes para esta investigación e involucran textos de lingüística, neurociencias, neuroanatomía y artículos de revistas científicas.

8.3.1 Neurociencia del lenguaje

El lenguaje, capacidad específicamente humana para comunicación (Colombo, 2008: 10), es entendido, en términos sencillos, como un sistema para la expresión de significados y para llevar a cabo distintas funciones. Así, por medio de codificar y transmitir ideas complejas y sutiles, el lenguaje presenta dos de sus funciones clave: la función simbólica y la función interactiva. La primera se refiere a la función del lenguaje de entregar información (pensamientos, ideas, etc.) por medio de símbolos. “Estos símbolos consisten en formas, las cuales pueden ser habladas, escritas o signadas, y significados con los cuales las formas son convencionalmente emparejadas” (Evans y Green, 2006: 6). En otras palabras, “el lenguaje consiste en ensamblajes simbólicos” que residen en una “unidad lingüística convencional” (Evans y Green, 2006: 11-12). La segunda función, radica directamente en la idea de comunicar. “Esto implica un proceso de transmisión por el hablante, y decodificación e interpretación por parte del oyente (Evans y Green, 2006: 9). Las lenguas, como construcciones físicas de la capacidad de lenguaje, son, por lo tanto, sistemas. Es decir, “están formadas por elementos que se combinan según unas condiciones y unos patrones [...] para llevar a cabo diferentes funciones” (Jarque, 2016: 66).

La capacidad cognitiva que significa el lenguaje para los seres humanos ha planteado una serie de interrogantes desde distintas disciplinas como la lingüística, la antropología, la psicología, la inteligencia artificial, la filosofía y la neurociencia. Esta última surge de interrogantes tan esenciales como ¿cómo se encuentra organizado el lenguaje en el cerebro? El interés sobre lo que involucra este tipo de preguntas no es

nuevo. Se sabe que ya a mediados del siglo XIX comienzan a establecerse “los fundamentos anatómicos del lenguaje, basados especialmente en los estudios clínicos de Broca y Wernicke” (Ardila, Bernal y Roselli, 2016: 97).

Dichos fundamentos, no obstante, han ido cambiando con el desarrollo de la disciplina de la neurociencia del lenguaje. Esto, en primer lugar, por el desarrollo epistemológico propio de la disciplina, y, en segundo lugar, por el nuevo enfoque y las nuevas metodologías que han surgido en las últimas décadas (Cuetos, 2012: 1). El nuevo enfoque y las nuevas tecnologías y metodologías permitieron un salto cualitativo en la disciplina desde la segunda mitad del siglo XX. A lo mencionado, es necesario agregar el desarrollo en las investigaciones que han planteado su foco de atención no en el lenguaje hablado, sino en otras modalidades del lenguaje.

Los estudios neurolingüísticos de las lenguas de señas de las comunidades sordas han surgido lentamente para dar una mayor claridad sobre qué es y cómo funciona el lenguaje, lo que incluye el enfoque neurobiológico del lenguaje, que se presenta a continuación.

8.3.2 Neurobiología del lenguaje

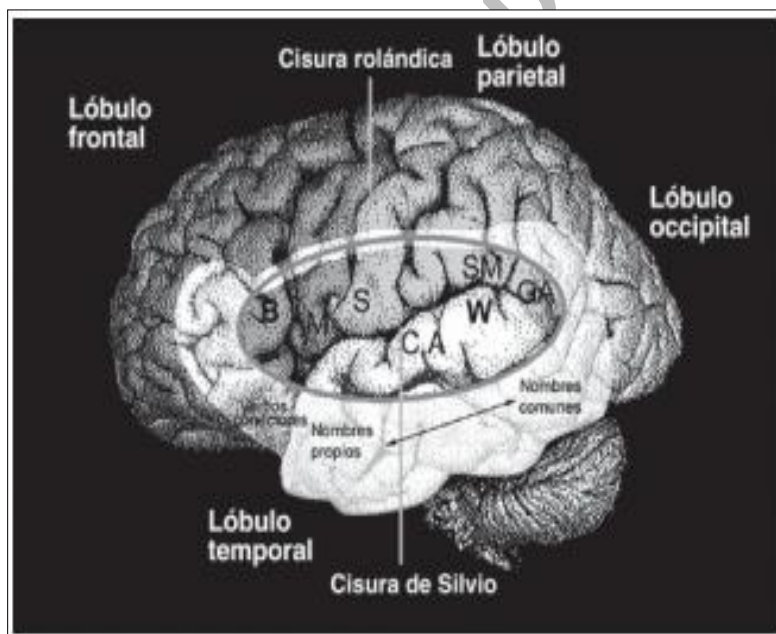
El lenguaje se conoce como una de las funciones superiores del cerebro, en el que su desarrollo se sustenta en una estructura anatómicamente funcional determinada genéticamente y en los estímulos verbales que el entorno le entrega. En esta estructura participan varios sistemas que actúan entre sí (Castaño, 2003: 781).

Por otra parte, depende del trabajo colectivo de un grupo de zonas corticales y subcorticales, donde cada una de ellas aporta su propia contribución al resultado final. Sus componentes principales se encuentran en el hemisferio izquierdo, en la zona perisilviana (González y otros, 2014:143). Este conocimiento del lenguaje se puede

obtener de intervenciones en pacientes afásicos y a través de estudios con neuroimágenes.

A través de los estudios mencionados anteriormente, se pueden considerar principalmente tres sistemas que sustentan el lenguaje. Por una lado, el sistema operativo o instrumental, que ocupa la región perisilviana del hemisferio izquierdo, que incluye el área de Broca y Wernicke. Por otro lado, el sistema semántico, que ocupa gran parte de las extensiones corticales del hemisferio izquierdo y del hemisferio derecho. Por último, un sistema intermedio modularmente organizado, que realiza mediación entre los dos anteriores y que se ubica alrededor del sistema instrumental (Castaño, 2003: 781).

Fig.1: Sistemas del lenguaje



La línea que dibuja un óvalo delimita la región perisilviana del hemisferio izquierdo correspondiente al sistema operativo o instrumental. La zona más clara que rodea a la anterior corresponde al sistema de mediación o intermedio. B: Broca; W: Wernicke; CA: corteza auditiva; M: corteza motora; S: corteza sensitiva; SM: giro supramarginal; GA: giro angular (Castaño, 2003).

A continuación se presentan las áreas cerebrales implicadas en la modalidad auro-vocal del lenguaje.

8.3.3 Áreas cerebrales implicadas en la modalidad auro-vocal del lenguaje

A continuación, se revisan los modelos generados desde la neurociencia del lenguaje desde Broca y Wernicke hasta la actualidad.

8.3.3.1 Modelo clásico de Broca-Wernicke-Geschwind

Los primeros descubrimientos significativos sobre los sustratos neuronales del lenguaje llegan de parte de un modelo clínico, el cual se enfoca en una perspectiva metodológica desde las patologías presentadas por sujetos que involucrasen el lenguaje en términos generales. Las afasias, esto es, la adquisición de un déficit lingüístico debido a algún daño cerebral (Kemmerer, 2015: 71) permitieron a mediados del siglo XIX, el surgimiento de estudios científicos que posibilitaron el correlato entre conductas lingüísticas irregulares y lesiones en áreas específicas del cerebro analizadas *post mortem*. Desde este tipo de metodologías surge el primer modelo de las bases neuronales del lenguaje, conocido hoy como el modelo clásico del lenguaje, o el modelo de Broca-Wernicke.

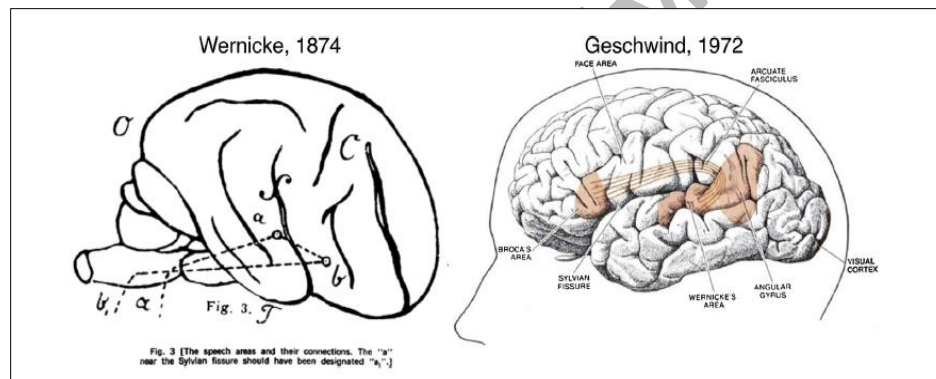
El modelo clásico de las bases neuroanatómicas del lenguaje se establece en primer término gracias a los estudios de Paul Broca y Carl Wernicke. El primero, en la segunda mitad del siglo XIX, comienza a publicar una serie de investigaciones que presentan, por un lado, al hemisferio izquierdo como el hemisferio dominante en cuanto al lenguaje (Kemmerer, 2015: 72).

Por el otro, plantea la existencia de cierta área en la circunvolución frontal inferior que estaría relacionada con la habilidad de articular el lenguaje. Dicha área hoy es conocida como el área de Broca, y corresponde con el área 44 y 45 de Brodmann. Wernicke, por su cuenta, también por estudios clínicos en el cual se analizaba la conducta para luego reconocer daños en el cerebro *post mortem*, plantea la existencia

de un área destinada a la comprensión del lenguaje hablado, la que se localizaría en la circunvolución temporal superior (Tremblay y Dick, 2016: 61).

Posteriormente, Lichtheim (1885) se encarga de esclarecer el modelo presentado por Wernicke, el cual comienza a tener una alta aceptación de parte de los círculos de investigación neurológica. Sin embargo, es en la segunda mitad del siglo XX que Geschwind propone una versión en la que ambas áreas antes mencionadas son conectadas a través de una única vía de materia blanca, denominada el fascículo arqueado (Tremblay y Dick, 2016: 61).

Fig. 2: Modelo de Wernicke y Geschwind



Fuente: Tremblay y Dick (2016)

De este modo, el modelo clásico del lenguaje presenta dos áreas que se encargarían en términos generales de la producción (Área de Broca) y la comprensión (Área de Wernicke) del lenguaje. Estas áreas serían constantemente comunicadas por medio del fascículo arqueado.

Sin embargo, es necesario comprender que este tipo de modelo surgió precisamente por las metodologías dispuestas en ese momento. Las limitaciones implicadas por estar sujeto a seguir metodologías de análisis conductual para luego correlacionar con posibles daños en el cerebro *post mortem*, son, por decir poco, muy altas.

De acuerdo con esto, es a partir de la segunda mitad del siglo XX que comienzan a desarrollarse una serie de nuevas herramientas, y, gracias a estas, nuevas metodologías que permitieron un avance considerable en cuanto al conocimiento del cerebro en sus distintas funciones. A su vez, ha permitido reconsiderar una serie de aspectos que antes se daban por sabidos, entre ellos, lo relacionado con la organización neurobiológica del lenguaje.

Las nuevas técnicas, electrofisiológicas y de neuroimagen, supusieron “un salto importantísimo en el estudio de las bases neurológicas del lenguaje, al permitir observar al momento la activación cerebral de las personas sanas mientras realizan una actividad lingüística” (Cuetos, 2012: 9). Esto permitió reconocer una serie de problemas en cuanto a las relaciones cerebro-lenguaje.

En primer lugar, habría muchas más zonas cerebrales involucradas en las tareas que implica el lenguaje que las que presenta el modelo clásico. Efectivamente, estaría presente gran parte del hemisferio izquierdo y no solo las áreas antes mencionadas. Por otro lado, también habría nueva evidencia de que el hemisferio derecho tendría relevancia en cuanto a procesos pragmáticos y discursivos, por lo tanto, estaría involucrado. En definitiva, el modelo clásico presentaría una precisión espacial bastante limitada (Tremblay y Dick, 2016: 62).

Segundo, el modelo de Wernicke-Geschwind plantearía que el lenguaje no es más que escuchar, procesar y decir palabras. No se centra en las complejidades mismas del lenguaje, en sus niveles estructurales (fonológico, léxico, morfológico, semántico, sintáctico y pragmático), ni es el sistema de reglas involucrado para aunar cada uno de estos niveles (Poeppel y Hickok, 2004: 5).

Tercero, el modelo clásico, al ser un modelo clínico con herramientas y metodologías limitadas, se caracterizó por enumerar una serie de trastornos afásicos que tendrían algún tipo de correlato con las áreas cerebrales del lenguaje. Sin embargo,

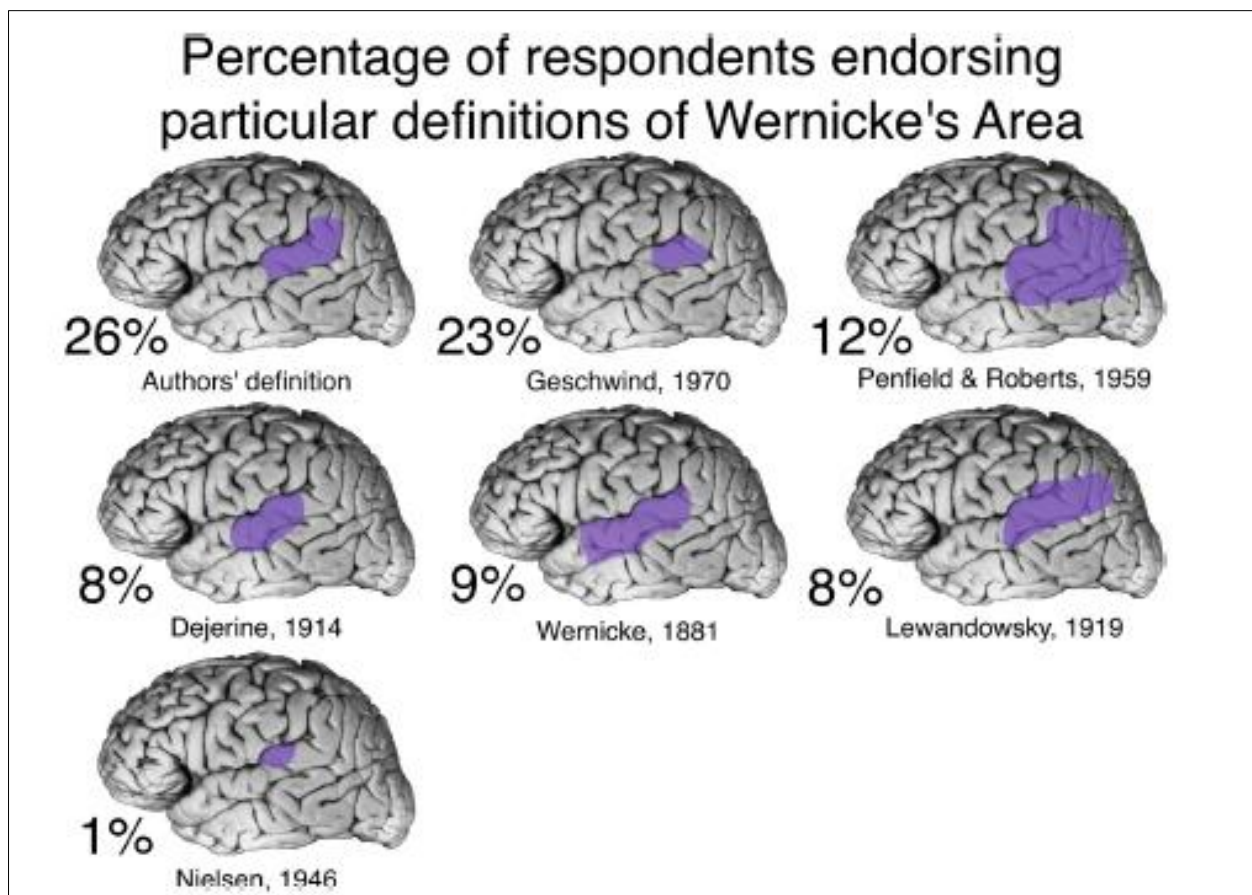
parece haber una cantidad mayor de trastornos afásicos que los presentados por el modelo clásico.

Cuarto, los síndromes afásicos caracterizados según el modelo clásico: afasia de Broca, afasia de Wernicke, afasia de conducción, etc. no se condicen con las áreas y las irregularidades asociadas en todos los casos (Cuetos, 2012: 7).

Las nuevas técnicas y metodologías, en conjunto con los problemas que presenta el modelo clásico de la relación cerebro-lenguaje, permitieron el desarrollo de nuevos modelos que explicasen de manera más completa la organización cerebral de las distintas funciones y niveles formales del lenguaje. Este modelo se conoce, actualmente, como el modelo funcional. Este, “a diferencia del modelo clínico, analiza la organización cerebral del lenguaje en condiciones normales, no patológicas” (Ardila, Bernal y Rosselli, 2016: 98). El objetivo que este programa de investigación propone es “tener modelos explicativos de la habilidad cerebral humana para comprender y producir habla y lenguaje que sean teóricamente precisos, computacionalmente explícitos y biológicamente fundamentados” (Poeppel y Hickok, 2004: 7).

Efectivamente, el modelo clásico del lenguaje hoy en día está siendo remplazado por distintos enfoques funcionales que han presentado una serie de problemas de índole científico en el desarrollo de la disciplina (Tremblay y Dick, 2016: 64-65), presentan el bajo nivel de convencionalidad que hay en cuanto a la especificidad anatómica de las áreas de Broca y Wernicke.

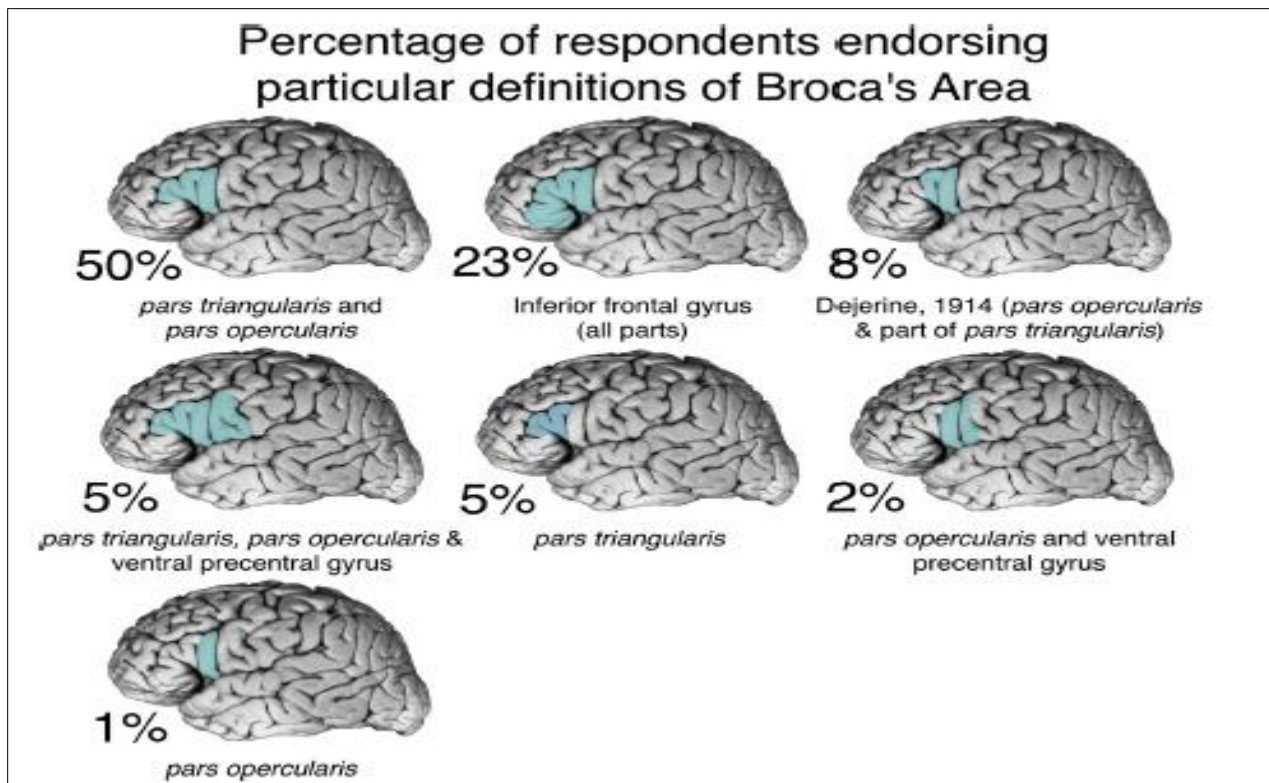
Fig. 3: Porcentaje de encuestados que respaldan definiciones particulares de área de Wernicke



Fuente: Tremblay y Dick (2016)

En el caso de la definición del área de Wernicke, los neurocientíficos presentaron definiciones muy variadas unos de otros. De igual forma, aunque con una clara predilección por definir al área de Broca como el *pars triangularis* y el *pars opercularis*, el área de Broca tampoco está convencionalmente definida por los investigadores. Esto plantea una dificultad epistemológica clara en cuanto a la elaboración de un mapa anatómico-funcional del lenguaje (Tremblay y Dick, 2016: 64).

Fig. 4: Porcentaje de encuestados que respaldan una definición particular del área de Broca



Fuente: Tremblay y Dick, (2016)

Incluso, se ha propuesto por parte de los autores un cese a la nominación de las áreas presentadas por el modelo clásico, debido a que se prestan para este tipo de confusiones. En palabras de los autores, “obviamente, el modelo clásico desarrollado en los siglos XIX y XX no están basados en neuroanatomía macroscópica moderna. Porque nuestro conocimiento de la anatomía y funcionalidad del cerebro ha evolucionado, parece más productivo construir nuevos modelos basados en terminologías modernas y definiciones anatómicamente claras” (Tremblay y Dick, 2016: 66).

En el siguiente apartado se presenta el modelo generado en la actualidad, conocido como conectoma del lenguaje.

8.3.3.2 El conectoma del lenguaje

A propósito de las críticas realizadas al modelo clásico que se vieron en la sección anterior, y el desarrollo de nuevas tecnologías, es que el estudio de la neurobiología del lenguaje comienza a sufrir un cambio de paradigma (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 453). Esto es, no entender el estudio neuroanatómico del cerebro reduciéndolo a la corteza, sino preocuparse de las conexiones que las células nerviosas van creando en el proceso ontogenético. Partiendo de la base que “el cerebro humano [...] es una red de células nerviosas, regiones y sistemas de los cuales sus interconexiones se mantienen ampliamente sin mapear” (Sporns, 2013: 53).

De este tipo de consideraciones surge lo que hoy se denomina dentro de la disciplina como el conectoma humano, el cual “refiere al mapa de las conexiones estructurales del cerebro, representado como una matriz de conexión o una red” (Sporns, 2013: 53). Así, se considera que el estudio del conectoma “incrementará significativamente nuestra comprensión de cómo emergen los estados funcionales del cerebro desde su sustrato estructural subyacente, y proveerá nuevos conocimientos mecanicistas sobre cómo se ve afectada la función cerebral si se rompe este sustrato estructural” (Sporns, Tononi y Kötter, 2005: 245).

El conectoma del lenguaje, como se mencionó anteriormente, surge como una propuesta que pretende superar el paradigma hegemónico del modelo de Broca-Wernicke-Geschwind. Esto, a partir de evidencia provista por los estudios de neuroimagen funcional, los cuales presentan que grandes partes de la corteza perisilviana derecha e izquierda, en colaboración con una extensa red cortico-subcortical para procesar lenguaje, contribuirían con el habla y las funciones del lenguaje (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 453). Es decir, el interés se comienza a centrar no simplemente en las “regiones que se componen la red distribuida de lenguaje, sino además de cómo se comunican esas regiones a través de vías de haces de fibra” (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 453). Esto, en la medida de comprender que

“la investigación contemporánea sugiere que la noción de que una vía de fibras única que soporte la función del lenguaje en el cerebro debería ser considerada obsoleta” (Tremblay y Dick, 2016: 66).

Dentro del cambio de paradigma que se ha venido construyendo en la última década, se presenta el modelo de vía dual (Hickok y Poeppel, 2007). Esto es, de una arquitectura dorsal-ventral en la cual se encuentran las distintas conexiones neurales involucradas en el procesamiento lingüístico. Así, se menciona que la vía ventral, la cual comprende estructuras en la parte superior y media del lóbulo temporal, está involucrada en el procesamiento de señales del habla para la comprensión. En palabras de los autores, “el mapeo de la entrada de habla acústica en representaciones conceptuales y semánticas involucra múltiples niveles de computación y representación” (Hickok y Poeppel, 2007: 394). Dentro del conjunto de fibras propuestas como parte de la vía ventral se encuentra el fascículo uncinado, la cápsula extrema, el fascículo longitudinal medial, el fascículo longitudinal inferior, y el fascículo fronto-occipital inferior (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 454). A continuación, se revisa lo descrito sobre estas vías.

La anatomía del fascículo uncinado estaría vinculada desde una terminación rostral, proyectándose a la corteza frontal orbital y lateral, al polo frontal y a la circunvolución cingulada anterior, es decir, principalmente las áreas de Brodmann 10, 11, 32 y 47, y una terminación posterior estaría en el lóbulo temporal, e incluiría proyecciones que van a través de la amígdala, con terminaciones en el polo temporal (área 38 de Brodmann), el Uncus hipocampal (área 35) y la circunvolución parahipocampal (área 30 y 36). En cuanto a la función que cumple en relación con el lenguaje, esto sigue siendo controvertido. Por un lado, se ha propuesto que está involucrado en los procesos de recuperación y procesamiento de la memoria semántica, aunque con ciertas inconsistencias. Por el otro, ha surgido evidencia de que presentaría una función en el procesamiento sintáctico (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 456; Tremblay y Dick, 2016: 66).

En cuanto a la cápsula extrema, su anatomía se encuentra entre claustrum y la ínsula, de forma lateral y paralela a las cápsulas interna y externa. Sin embargo, aún sigue siendo un tema de discusión si es que las fibras de la cápsula extrema plantean una vía por sí misma. Asimismo, también se ven dificultades en relación con la función de la cápsula extrema. Esto, debido a la dificultad de disociar este haz de fibras con el fascículo uncinado y el fascículo fronto-occipital inferior. Sin embargo, de acuerdo con un bajo número de estudios, las fibras de la cápsula extrema conectan la circunvolución frontal inferior anterior con las porciones media a posterior de la corteza temporal superior y media, las cuales están involucradas con la recuperación controlada de representaciones semánticas o durante el almacenamiento léxico a largo plazo. Además, las fibras de la cápsula extrema favorecen funciones semánticas más básicas. Por otro lado, nuevas investigaciones sugieren que la cápsula extrema participaría en el procesamiento sintáctico (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 457).

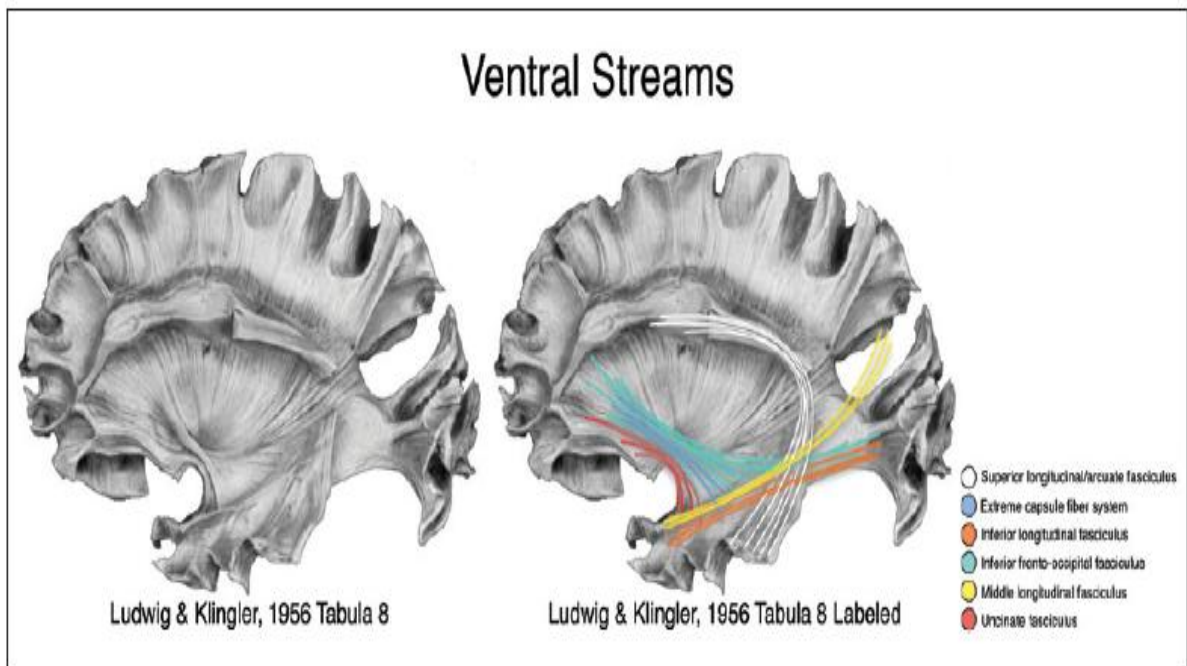
El fascículo longitudinal medial se sitúa, según la evidencia disponible, desde el lóbulo parietal temporal superior posterior, inferior y superior, y posiblemente del lóbulo occipital, produciendo terminaciones a lo largo del curso de la corteza temporal hacia el polo temporal (Tremblay y Dick, 2016: 67). Su función, y su relación con el lenguaje, siguen siendo poco claras. Aunque, hay quienes sugieren que esta vía de fibras tendría implicancias en la vía ventral del lenguaje, o que sería parte de una red para la comprensión del lenguaje (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 458).

Finalmente, el fascículo longitudinal inferior y el fascículo fronto-occipital inferior son dos largas vías de asociación que conectan el lóbulo occipital con el lóbulo temporal anterior y el lóbulo frontal, respectivamente. Sin embargo, existe conflicto en determinar si estas vías funcionan de forma autónoma una de otra, o son, por el contrario, solo una gran vía. El fascículo longitudinal inferior conecta el lóbulo occipital con el lóbulo temporal, originándose en las áreas visuales secundarias y conectando hacia las circunvoluciones temporales media e inferior, el polo temporal, el giro parahipocampal, el hipocampo y la amígdala (Tremblay y Dick, 2016: 67). Su función se

ha vinculado, por un lado, con el sistema semántico ventral del lenguaje, y, por el otro, se ha relacionado con el reconocimiento de objetos visuales y la alteración de la lectura. Lo que propone que esta vía está más relacionada con el procesamiento viso-ortográfico (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 459).

El fascículo fronto-occipital inferior, por su lado, se origina en el lóbulo occipital medial e inferior, y posiblemente en el lóbulo parietal medial, y se dirige hacia el lóbulo temporal ventral, y atraviesa el tallo cerebral temporal para proyectarse hacia la circunvolución frontal inferior, la corteza frontal medial y orbital, y el polo frontal (Tremblay y Dick, 2016: 66). En cuanto a su función, se ha enfatizado que esta sería la vía principal que favorece el sistema semántico ventral que es esencial para el procesamiento semántico del lenguaje, vinculada con el nombramiento de imágenes (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 459).

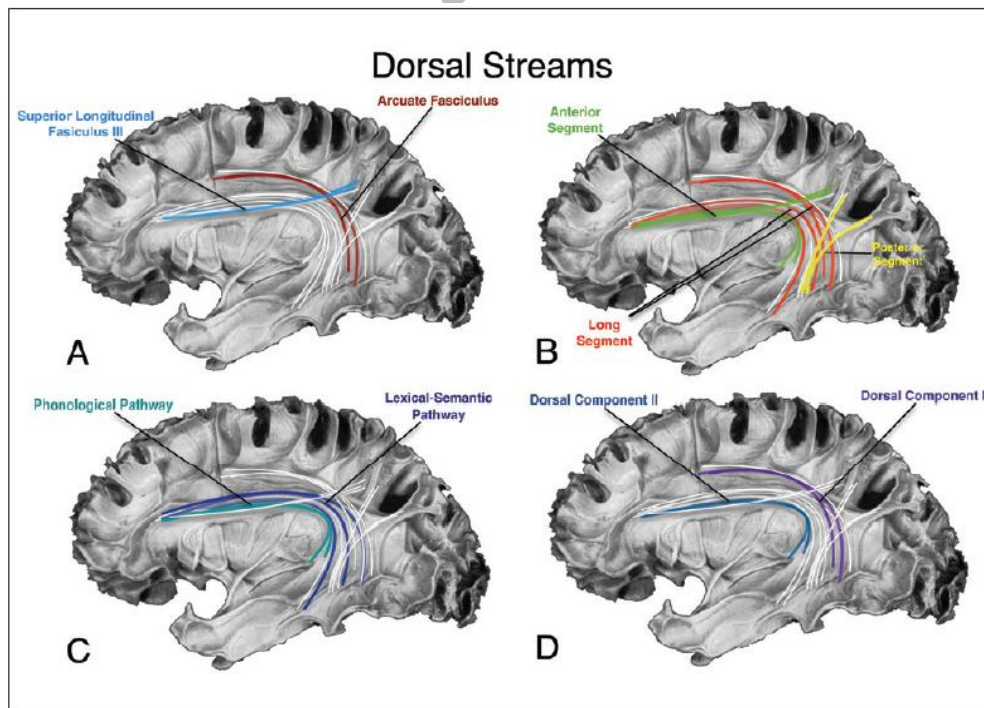
Fig. 5: Via ventral



Fuente: Dick, Bernal y Tremblay (2014)

La vía dorsal, por su parte, la cual se compone de estructuras en el área posterior del lóbulo frontal y el aspecto más dorsal del lóbulo temporal posterior y el opérculo parietal, está involucrada en la traducción de señales acústicas del habla dentro de las representaciones articulatorias en el lóbulo frontal, lo que se relaciona fuertemente con el desarrollo y la producción del habla. Por lo cual, los autores proponen que la vía dorsal auditiva soporta una interfaz con el sistema motor (Hickok y Poeppel, 2007: 394). Dentro de la vía dorsal, “se propone que las regiones fronto-temporales-parietales estén involucradas en el mapeo de los sonidos del habla auditiva con el significado, o en el procesamiento de estructuras sintácticas menos complejas” (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 454), siendo la vía del fascículo superior longitudinal y el fascículo arqueado, la vía principal que conecta dichas áreas. Es importante mencionar, que la caracterización anatómica precisa de esta vía fibrosa sigue bajo investigación.

Fig. 6: Cuatro modelos propuestos para la conectividad de la vía dorsal

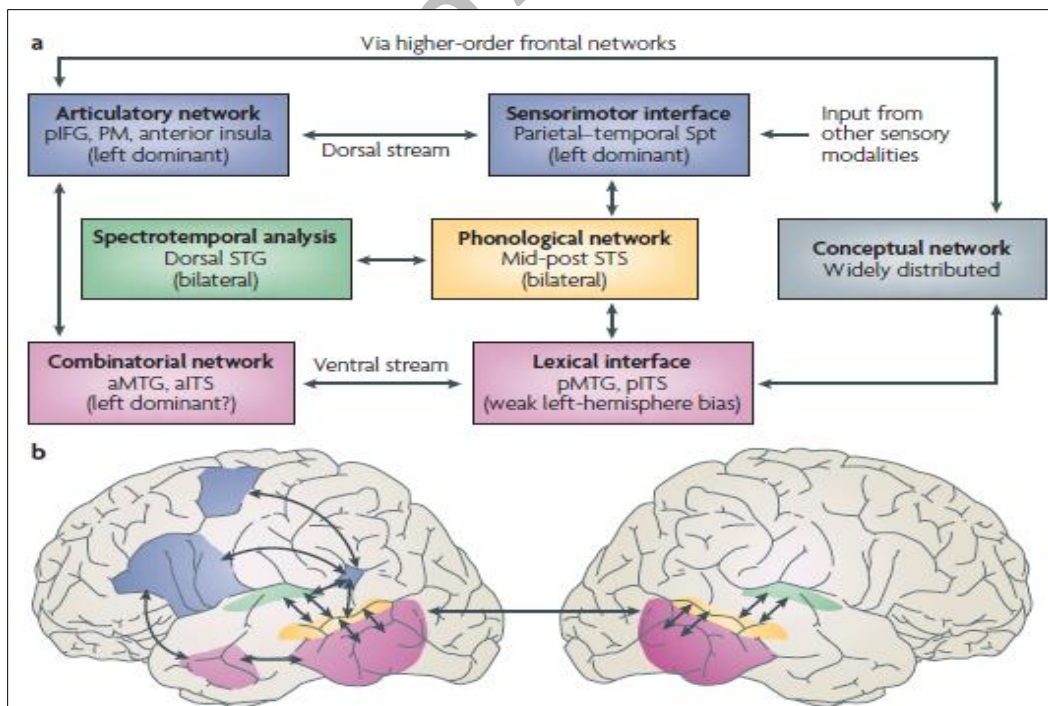


Fuente: Dick, Bernal y Tremblay (2014)

Históricamente, se ha propuesto que la función de la vía dorsal es transferir información entre el área de Wernicke y el área de Broca, relacionado con lo visto sobre el modelo clásico del lenguaje y el fascículo arqueado. Así, se ha vinculado la afasia de conducción como producto de daños en esta vía (Cuetos, 2012). Sin embargo, como ya se ha mencionado, este modelo ha sido puesto en duda. Con lo que se ha propuesto en el último tiempo distintas funciones asociadas a este haz de fibras. Por ejemplo, un rol general en cuanto al procesamiento fonológico, y cierta relación con el aprendizaje de lenguas. También, se ha planteado que la vía dorsal está involucrada en el procesamiento de estructuras sintácticas complejas durante la comprensión del lenguaje (Dick, Bernal y Tremblay, 2014: 456).

El modelo de vía dual propuesto por Hickok y Poeppel (2007), en definitiva, plantea que la red de habla acústica debe interactuar, por un lado, con sistemas conceptuales y, por el otro, con sistema moto-articulatorios.

Fig. 7: Modelo de vía dual



Fuente: Hickok y Poeppel (2007)

A este modelo, Dick, Bernal y Tremblay (2014) proponen una tercera vía, que incluye las fibras del tracto cortico-bulbar, las conexiones del ganglio basal y la corteza, y el bucle cortico-cerebelar-cortical, la cual es denominada la vía motora. Esta vía estaría involucrada en el complejo proceso de producción del habla, el cual exige el control de las estructuras supralaríngeas para la articulación, el control de los músculos torácico y abdominal para la regulación de la actividad respiratoria, y el control de los músculos laríngeos intrínsecos y extrínsecos para la producción de la vibración de las cuerdas vocales necesarias para la producción del habla. Esto requiere, a su vez, la coordinación de estos sistemas con los sistemas neurales subyacentes a los aspectos lingüísticos y cognitivos de la producción del lenguaje (Dick, Bernal y Tremblay 2014: 460). La corteza motora primaria (M1) es la región cortical que proyecta el mayor número de fibras corticoespinales y corticobulbares, las que se encargan de conectar la M1 hacia el núcleo motor en el tracto cerebral y la cuerda espinal a través del sistema de neuronas piramidales.

Finalmente, es importante mencionar que sobre el hemisferio derecho y lenguaje se han evidenciado funciones de gran relevancia.

“El hemisferio derecho procesa la información de manera sinóptica y no analítica o secuencia como el hemisferio izquierdo. Este cumple un importante rol en las habilidades pragmáticas, es decir en el uso del lenguaje en el contexto. El hemisferio derecho contribuye de manera significativa a la expresión y comprensión del discurso. Otras funciones importantes de este hemisferio son: la interpretación del lenguaje no literal en un contexto determinado, la apreciación de la ironía, humor y sarcasmo; identificación de emociones, prosodia y procesamiento semántico. A diferencia de la localización de las funciones verbales en el hemisferio izquierdo, el derecho es más difuso en cuanto a su representación” (González y Hornauer-Hughes, 2014: 146-147).

Según lo revisado anteriormente, los modelos propuestos para la neurobiología del lenguaje ha ido cambiando en las últimas décadas. Esto, a propósito de los nuevos

avances tecnológicos que han permitido estudiar el cerebro de forma mucho más específica. Así, el modelo clásico ha ido perdiendo fuerza los últimos años, dando paso a nuevos enfoques que proponen un énfasis particular en las conexiones neurales y no, simplemente, en las áreas corticales. Sin embargo, tanto al modelo clásico, como el conectoma han sido desarrollado a partir de un sesgo epistemológico, comprender el lenguaje como una capacidad unimodal. Es decir, la gran mayoría de investigaciones que han tenido como objeto las bases neurobiológicas del lenguaje provienen de los estudios de lenguas orales, dejando fuera otras modalidades de lenguaje, como las lenguas de señas.

Por consiguiente, en el siguiente apartado se presentan las áreas cerebrales implicadas en la modalidad viso-gestual del lenguaje.

SOLO USO ACADÉMICO

8.3.4 Áreas cerebrales implicadas en la modalidad viso-gestual del lenguaje

Las lenguas de señas modernas datan aproximadamente del siglo XVII (Sacks, 2003; Gordon, 2004). No obstante, aunque tuvieron un periodo extenso en los cuales se desarrollaron distintas lenguas de señas, espacios institucionales de y para sordos, una cultura que rodea a la sordera, entre otras cosas, la lengua de señas, y las personas sordas, se ven desprestigiadas en términos científicos y sociales luego de las decisiones tomadas en el Congreso de Milán el año 1880 (Sacks, 2003). Este hito, que prohíbe las lenguas de señas, traslada a esta modalidad de lenguaje a un espacio subalterno, de uso clandestino por parte de la comunidad, lo que trae consecuencias en su desarrollo. Es por este tipo de políticas lingüísticas que la lengua de señas se queda fuera del lente científico durante aproximadamente cien años. Es en el año 1960 que con el trabajo Stokoe (1960) se comienza a reposicionar las lenguas de señas dentro del paradigma lingüístico, lo que supuso un nuevo inicio para su investigación.

De este modo, es en la década de 1980 donde se producen una serie de trabajos que tienen como objetivo posicionar a la lengua de señas desde la neurociencia. Siendo una necesidad de primer orden, establecer las similitudes entre la modalidad auro-oral y la modalidad viso-gesto-espacial.

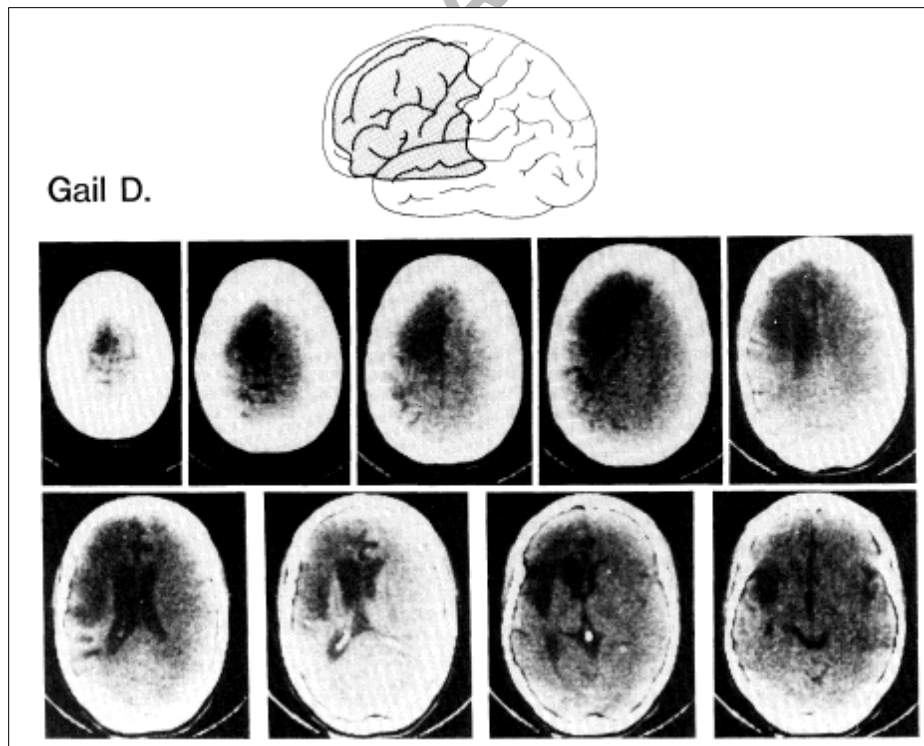
Los primeros trabajos en cuanto a la organización cerebral del lenguaje en sujetos sordos nativos de la lengua de señas tiene relación metodológica con los inicios de la disciplina de la neurobiología del lenguaje. Es decir, los primeros trabajos que dan evidencia de la bases neuroanatómicas de la lengua de señas surgen de pacientes con algún tipo de trastorno afásico. Poizner, Klima y Bellugi (1987) presentan una serie de experimentos en los cuales sujetos sordos signantes con algún tipo de daño en el tejido cerebral manifiestan trastornos en el lenguaje.

Así, por ejemplo, plantean el caso de una paciente sorda signante que, debido a una apoplejía, sufre daños en el lóbulo frontal, incluyendo parte del área de Broca, y

áreas anteriores de la circunvolución temporal medial y superior de su hemisferio izquierdo, además de daños menores en la parte baja de la circunvolución postcentral, en la materia blanca que subyace a la circunvolución angular, y también en la cápsula interna izquierda, el putamen y el claustrum (Poizner, Klima y Bellugi, 1987: 62).

Dicha paciente presentó trastornos a nivel gramatical de forma general, problemas en cuanto a la articulación léxica, mayor involucramiento del deletreo manual que de señas, no uso del espacio de forma discursiva, ni el movimiento con propiedades de flexión morfológicas, bastante comunes en las lenguas de señas. Sin embargo, no presentaba problemas para la recuperación léxica, ni en la comprensión. Finalmente, se llega a la conclusión de que la paciente presenta síntomas relacionados con lo que en los trastornos de lengua oral se ha denominado afasia de Broca (Poizner, Klima y Bellugi, 1987: 77).

Fig. 8: Lesión en el área de Broca de paciente sorda signante



Fuente: Poizner, Klima y Bellugi 1987)

Este tipo de información, en conjunto con lo analizado en otros pacientes hace concluir que las lenguas de señas, al igual que las lenguas orales, se encuentran lateralizadas en el hemisferio izquierdo y, que en primera instancia, habría un correlato entre las áreas del lenguaje (Broca y Wernicke) en ambas modalidades, en palabras de los autores “ciertas áreas del hemisferio izquierdo son cruciales para la función del lenguaje en sordos signantes cuya primera lengua es la lengua de señas” (Poizner, Klima y Bellugi, 1987: 132). Con la misma metodología, es decir, estudiando a pacientes con daño cerebral, los autores llegan a la conclusión de que los pacientes con daño en el hemisferio derecho no presentan afasias ni exhiben ningún déficit lingüístico. Así, los pacientes con daño en el hemisferio derecho, si bien presentan trastornos a nivel visoespacial (no lingüístico), la producción se mantiene sin ningún tipo de defecto.

Además de la lateralización de ambas modalidades, los autores presentan otras conclusiones. En primer lugar, se plantea que ni la audición ni el habla son necesarias para el desarrollo de la especialización hemisférica, como ya se mencionó. Es decir, el sonido no es crucial. Segundo, no habría solo una especialización izquierda, sino, también, una especialización derecha, en el caso de las lenguas de señas, a propósito de los aspectos de función visoespacial. De esta forma, el daño en el hemisferio derecho presenta interrupciones en las relaciones espaciales, y el daño en el hemisferio izquierdo supone interrupciones en el uso del espacio a nivel de relaciones sintácticas (Poizner, Klima y Bellugi, 1987: 212).

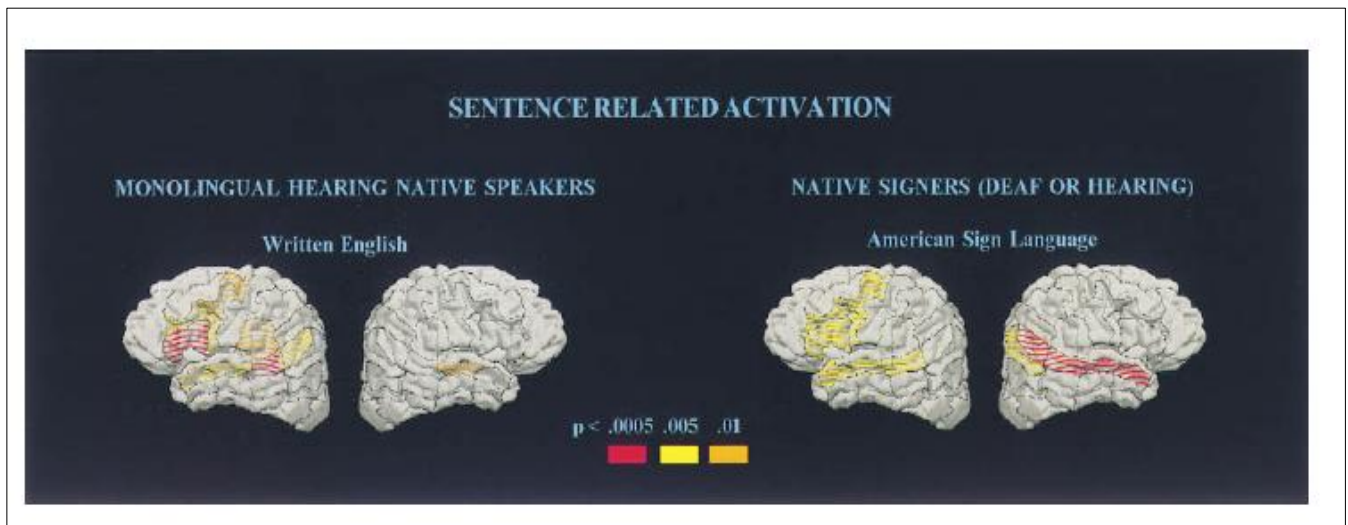
Igualmente, otros trabajos han llegado a conclusiones similares. Hickok, Bellugi y Klima (1996: 702) plantean que la dominancia del hemisferio izquierdo en el lenguaje no está determinada por las características físicas de los articuladores, sino más bien se derivan de propiedades de orden superior del sistema. En Hickok, Love-Geffen y Klima (2002: 176) se refuerza la dominancia del hemisferio izquierdo, a partir de que sordos signantes con lesiones en el hemisferio izquierdo presentaron un peor rendimiento en tareas de comprensión que aquellos con lesiones en el hemisferio izquierdo. Además,

aquellos que tenía involucrado el lóbulo temporal tenían un peor desempeño que aquellos en los cuales el lóbulo temporal no se veía afectado. Esto, sugiere el lóbulo temporal izquierdo juega un rol importante en los procesos de comprensión.

Asimismo, Bavelier, Corina y Neville (1998: 276) plantean que las áreas del lenguaje del hemisferio izquierdo están reclutadas por el sistema del lenguaje independientemente de la modalidad y de las propiedades superficiales de la lengua y sugiere que esas áreas están biológicamente determinadas para procesar el tipo de estructuras específicas de las lenguas naturales. No obstante, propone que el hemisferio derecho estaría más involucrado en el caso de las lenguas de señas, que de las lenguas orales.

Se ha demostrado, a través de estudios con pacientes oyentes con daño cerebral, que aquellos que tienen dañado el hemisferio derecho presentan alteración en el procesamiento de la prosodia, discurso, y aspectos pragmáticos del uso del lenguaje, y que ambos hemisferio suponen un papel relevante en el procesamiento del lenguaje oral. Asimismo, propone un reclutamiento mayor de áreas del hemisferio derecho durante la comprensión de lenguas de señas que durante las lenguas orales. Dicho reclutamiento se presentaría en aprendices tempranos de la lengua de señas americana, lo que propondría que la organización cerebral para el lenguaje puede ser alterada por la estructura y los requerimientos de procesamiento de la lengua (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 6).

Fig. 9: Activación de patrones de hablantes nativos viendo oraciones en inglés y signantes nativos viendo oraciones en lengua de señas americana



Fuente: Bavelier, Corina y Neville (1998)

En concordancia con lo anterior, se presentan distintos argumentos a favor de la idea de que el hemisferio derecho tiene un extensión mucho mayor que las lenguas orales. 1) El hemisferio derecho es dominante en cuanto al rango de las habilidades de procesamiento visoespacial, y, dado que las lenguas de señas utilizan el espacio para codificar el lenguaje, puede representarse más en el procesamiento del hemisferio derecho; 2) Hay una idea sostenido en cuanto a las diferencias del hemisferio izquierdo y el derecho. El hemisferio izquierdo estaría vinculado con procesamientos perceptuales de inputs más fino, o detallados. Por el contrario, el hemisferio derecho se especializaría en procesamiento más “basto”, de aspectos globales. Quizás las lenguas de señas hacen uso de acciones “holísticas” más relativas para representar entidades lingüísticas que las lenguas orales; 3) El hemisferio derecho es dominante en comunicación social, incluyendo juicios de adecuación de actos sociales y aspectos pragmáticos de la comunicación. Es dominante para el procesamiento de caras y de muchos actos faciales, incluyendo la decodificación de expresiones emocionales (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 6). Estas distintas especializaciones pueden

estar involucradas en la lengua de señas en una extensión mayor que las que hay en las lenguas orales.

En cuanto a trabajos que se focalicen en las conexiones neurales más que en áreas específicas, hay algunos trabajos en resonancia magnética funcional que presentan el tamaño y la forma de la materia gris y blanca. Sin embargo, no parece haber trabajos mayormente desarrollados en cuanto al proyecto del conectoma del lenguaje y la lengua de señas. Estos estudios aún están en su infancia (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 10).

Los estudios de la neurobiología de las lenguas de señas ha ido desarrollándose progresivamente. Uno de los enfoques principales de esta área es aportar comparativamente con el desarrollo epistemológico de las bases neuroanatómicas del lenguaje.

A continuación, revisaremos las semejanzas y diferencias de la organización cerebral de ambas modalidades.

SOLO USO ACADÉMICO

8.3.5 Semejanzas y diferencias de las áreas cerebrales implicadas en las dos modalidades del lenguaje

A propósito de los apartados anteriores, se ha presentado evidencia de que ambas modalidades presentan áreas similares en cuanto al procesamiento del lenguaje. Es decir, tanto lenguas de señas como lenguas orales, se ven fuertemente representadas en las áreas perisilvianas, con dominancia en el hemisferio izquierdo. Así, en cuanto a la percepción de las lenguas de señas, estas presentan características similares en oyente monolingüe expuesto a inglés audiovisual (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 11).

En cuanto a aspectos “puramente” lingüísticos, a decir, aspectos fonológicos, semánticos y sintácticos, ambas modalidades no parecen presentar diferencias entre el nivel de reclutamiento de ambos hemisferios. En concordancia con lo anterior, se presenta que a nivel de producción de señas, este está fuertemente lateralizado (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 11).

Por el contrario, se precisarían algunas diferencias entre las modalidades. En primer término, hay diferencia en la dominancia hemisférica en el reclutamiento exigido a propósito de aspectos pragmáticos, discursivos y prosódicos. Esto, dice relación con los articuladores utilizados (rostro, cuerpo) y el espacio para la organización discursiva.

Por otro lado, otra diferencia se plantea en el desarrollo de las redes neurales en ambas modalidades. La modalidad auro-oral tiene conexiones neuronales más desarrolladas en el área auditiva y las regiones perisilvianas en personas oyentes. Sin embargo, estos estudios aún son escasos.

Otra diferencia que se presenta es en el uso de marcadores no-manuales utilizados en las lenguas de señas. Específicamente, los usos del rostro. Esto, a partir de que las características no-manuales pueden ser utilizados lingüísticamente en las lenguas de señas. Así, para las personas oyentes no señantes las expresiones faciales

y el procesamiento de intención facial está lateralizado en el hemisferio derecho. Sin embargo, para las personas señantes aspectos sintácticos no-manuales estarían representado en el hemisferio derecho (Campbell, MacSweeney y Waters, 2007: 15).

En el siguiente capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos luego de la realización de esta investigación bibliográfica.

SOLO USO ACADÉMICO

9. RESULTADOS

A continuación, respecto de la revisión bibliográfica pertinente a lo presentado y el análisis de la misma, una vez definidos los conceptos planteados tales como la ilustración al sustento neurobiológico del lenguaje para ambas modalidades trabajadas aquí, el análisis a la activación de las áreas cerebrales implicadas en las mismas a través de los aportes de la neurociencia y la neurolingüística tanto en su estudio biológico como en sus aportes a las metodologías de enseñanza del lenguaje, es que se dan a conocer los resultados obtenidos luego de la realización de esta investigación.

9.1 Discusión de resultados

De este modo entonces y según lo descrito a lo largo del documento, se puede observar la caracterización de las áreas cerebrales que se activan en el caso del lenguaje en sus modalidades auro-vocales y viso- gestuales, logrando establecer con ello la diferenciación existente en ambos casos y lo poco significativo de ello debido a la activación de las zonas perisilvianas del hemisferio dominante en ambos casos, a pesar de que se deben mantener las consideraciones pertinentes a cada modalidad del lenguaje, tales como el funcionamiento más analítico y focalizado del hemisferio izquierdo, refiriéndose a las áreas de Broca y Wernicke en comparación al funcionamiento más global y difuso del hemisferio derecho, donde es más complejo reconocer estas áreas debido a su funcionamiento menos específico y que otorgaría ciertas diferencias en la activación neuronal según la actividad del lenguaje que se esté desarrollando (producción, comprensión-análisis, etc.). Todo lo anterior se establecería en consideración del modelo clásico de análisis del lenguaje.

Si en cambio se realiza este análisis en función del actual modelo del conectoma del lenguaje se puede indicar la dificultad de establecer algún símil o diferenciación debido a que bajo este paradigma existe escaso material bibliográfico de análisis a la activación cerebral en la modalidad viso-gestual en comparación a una mayor cantidad de estudios realizados a la activación cerebral en la modalidad auro-vocal.

A propósito de lo anterior, la mayor parte del conocimiento sobre las bases neurobiológicas del lenguaje proviene de estudios de lenguas orales. Por medio del estudio de las lenguas de señas, se puede determinar si lo que ya se ha aprendido hasta ahora es característico del lenguaje por sí mismo o si es específico a lenguas que son habladas y oídas. Además, el desarrollo de futuros trabajos en el área del conectoma del lenguaje, por un lado, y de signantes atípicos, por ejemplo, con trastorno específico del lenguaje, tienen el potencial de iluminar hasta qué punto la modalidad del lenguaje afecta las condiciones clínicas.

El concepto de neurobiología del lenguaje ha evolucionado en las últimas décadas sustancialmente en la medida que los avances tecnológicos lo han permitido. La posibilidad de estudiar áreas específicas y los canales fibrosos que las conectan *in vivo* ha permitido reconsiderar una serie de aspectos que se habían dado por sentado. A esto se le agrega que desde la década de 1970 se comenzaron a realizar avances en el estudio de las lenguas de señas y su correlato neurobiológico. Lo que permite, por un lado, un desarrollo más exhaustivo en la conceptualización del lenguaje y las bases neuroanatómicas de este. Y, por el otro, la generación de un modelo que contemple ambas, o todas, las modalidades de lenguaje, lo que decantaría en una mejora en el entendimiento de distintos aspectos relevantes en la vida cotidiana de las personas.

En el siguiente apartado se dan a conocer las conclusiones obtenidas luego de la realización de esta investigación bibliográfica.

10. CONCLUSIONES

Posterior a establecer los resultados esperados en la investigación y tomando en consideración la información obtenida, es que resulta posible dar respuesta a la pregunta-problema planteada en un comienzo, ¿Se activan las mismas áreas cerebrales en las lenguas orales y en las lenguas de señas?

Ante la pregunta-problema y según los autores revisados precedentemente, se puede indicar entonces que, en términos neuroanatómicos, el lenguaje tanto en su modalidad oral como en lengua de señas, en general, presentan la activación de áreas cerebrales comunes, diferenciándose solo en algunos rasgos. Esto permite una caracterización de la función cognitiva del lenguaje como una capacidad de la comunicación humana multimodal. La respuesta, en un primer momento, sería que tanto la modalidad auto-vocal como viso-gestual comparten una cantidad de áreas comunes, la que se ve diferenciada en cuanto la utilización del espacio en las lenguas de señas.

También, se debe mencionar que el modelo clásico no recoge o no logra observar todas las áreas ni redes neuronales que intervienen en el proceso del lenguaje. Por lo que, en los últimos años dicho modelo se ha declarado obsoleto. A propósito de que, si bien recoge o evidencia áreas o redes fundamentales, estas no están definidas de manera clara, lo que plantea dificultades epistemológicas a la hora de relacionar funciones específicas con determinadas áreas cerebrales.

En concordancia con lo anterior, es que se han propuesto modelos más funcionales, entre los que destaca el del conectoma del lenguaje y su amplia descripción de redes neurales que soportan biológicamente la capacidad del lenguaje. Así, por ejemplo, se logra entender que en el proceso de la adquisición del lenguaje no son solo áreas específicas las que se activan, sino más bien redes neuronales que interactúan en este proceso (Cuetos, F.; 2012).

A pesar de lo antes mencionado, los nuevos modelos funcionales del lenguaje se han enfocado principalmente en la modalidad auro-vocal. Lo que supone una tarea pendiente en el desarrollo de la neurobiología del lenguaje. Esto es, un mayor enfoque a la modalidad viso-gestual del lenguaje, específicamente a las redes de conexiones neurales que posibilitan dicha capacidad.

Por otro lado, en base de que el lenguaje es considerado una función cognitiva vital para las relaciones humanas, y la evidencia de la falta de diferenciación de activación cerebral en ambos casos de análisis, es que se debiese considerar metodologías holísticas de enseñanza en el aula, estableciendo de forma previa y en base a un análisis profundo, cuales son las metodologías que consideran la activación de estas áreas comunes, así entonces si se quisiera cumplir con lo propuesto por el decreto 83/15 del Mineduc en función de atender a todos los estudiantes del aula a través de metodologías de enseñanza diversificadas, integradoras y que solo requieran ser adecuadas en casos de justificada necesidad, es que se debiese permitir un acercamiento a las necesidades de los estudiantes sordos usuarios de la lengua de señas chilena (LSCh) a su realidad educativa, y a las características propias de su aprendizaje como, por ejemplo, una adecuada estimulación del lenguaje corporal, visual, espacial y gestual desde edades tempranas, así como también una enseñanza desde el manualismo y no desde el oralismo como se hace hasta ahora, ya que es el proceso de adquisición natural del lenguaje en las personas sordas. Es así entonces que esta investigación de tipo bibliográfica conlleva mayor relevancia en cuanto a la toma de decisiones respecto de los métodos a aplicar en un aula de clases.

En consecuencia, se debe entender que para la personas sordas, la lengua de señas es su lengua materna, y en respeto a ello, es un desafío a cumplir para el profesorado -particularmente- el aprender, al menos, nociones básicas de comunicación en esta modalidad, para así enseñar al resto de los estudiantes la interacción respetuosa con estas personas en el sentido de hacerse parte de su realidad de vida. Ya que, como se observó en el apartado de marco teórico, en ambas modalidades,

auro vocal y viso gestual, se activan casi las mismas áreas cerebrales. Por lo tanto, la lengua de señas debiese ser considerada como una lengua natural y oficial más que solo el “medio de comunicación natural de la comunidad sorda” (Mideplan, 2018: art. 26). De esta forma, se debiera considerar la enseñanza de la lengua de señas como una asignatura más del curriculum nacional, como complemento al ya existente, por lo que se sugiere una reelaboración del marco referencial nacional, donde se acojan los aportes entregados en esta tesina en cuanto a todo lo descrito, lo que sería un aporte al sistema escolar.

Por otro lado, se recomienda o sugiere, utilizar esta investigación bibliográfica como sustento base para futuros estudios, más acabados, con el fin de acumular evidencias que complementen el estado del arte acerca del objeto de estudio del presente trabajo, es decir, que aborden, no solo, áreas que aún no se logran visualizar en las lenguas de señas, sino también, que haya mayores esfuerzos en cuanto a describir cuáles son las redes neuronales que conectan y estructuran las funciones del lenguaje para que este se desarrolle, y se produzca, de manera global. Los trabajos ligados al conectoma del lenguaje deberán, por lo tanto, comenzar a visualizar a las lenguas de señas como un componente fundamental de su programa investigativo, además de las otras posibles modalidades existentes hoy.

11. BIBLIOGRAFÍA

Ardila, Alfredo; Bernal, Byron; Rosselli Mónica (2016). Área cerebral del lenguaje: una reconsideración funcional. *Revista de Neurología*, 62: 97-106.

Álvarez, Grlenys (2014). *Orbitas científicas* vol. 27, 61-70 recuperado de http://www.editoraneutrina.com/Editora_Neutrina/Orbitas_Cientificas_files/Edicio%CC%81n27.pdf.

Bavelier, D., Corina, D. P., y Neville, H. J. (1998). Brain and language: a perspective from sign language. *Neuron*, 21(2), 275-278.

Campbell, R., MacSweeney, M., y Waters, D. (2007). Sign language and the brain: a review. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(1), 3-20.

Castaño, J. (2003). Bases neurobiológicas del lenguaje y sus alteraciones. *Rev Neurol*, 36(8), 781-5. Recuperado de: http://www.kinex.cl/papers/Cadenas%20Miofasciales/plugin-Articulo_de_la_3_pregunta_tarea_1_de_neurociencia.pdf.

Colombo, María Elena (2008). *Lenguaje. Una introducción al estudio psicológico de las habilidades humanas para significar*. Buenos Aires: Eudeba.

Cuetos, Fernando (2012). Introducción, En: Fernando Cuetos, *Neurociencia del Lenguaje. Bases neurológicas e implicaciones clínicas*. (pp. 1-14). Madrid: Editorial Panamericana.

De Quadros, R. M.; Lillo-Martin, D., y Pichler, D. C. (2015). 12 Bimodal Bilingualism: Sign Language and Spoken Language. *The Oxford handbook of deaf studies in language*, 181.

Dick, A. S., Bernal, B., y Tremblay, P. (2014). The language connectome: new pathways, new concepts. *The Neuroscientist*, 20(5), 453-467.

Emmorey, K. (2001). *Language, cognition, and the brain: Insights from sign language research*. Psychology Press.

Evans, Vyvyan y Green Melanie (2006). *Cognitive Linguistics. An Introduction*. Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd.

González, R., y Hornauer-Hughes, A. (2014). Cerebro y lenguaje. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 25, 143-153.

Gordon, N. (2004). The neurology of sign language. *Brain and development*, 26(3), 146-150.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación*. México D.F, México: McGraw-Hill.

Hickok, G., Bellugi, U., y Klima, E. S. (1996). The neurobiology of sign language and its implications for the neural basis of language. *Nature*, 381(6584), 699.

Hickok, G., Love-Geffen, T., y Klima, E. S. (2002). Role of the left hemisphere in sign language comprehension. *Brain and Language*, 82(2), 167-178.

Hickok, G., y Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393.

Jarque María (2016). ¿Son lenguas, las lenguas de signos? En: A Horno, M. C. Ibarretxe, I. y Mendivil, J. L. (eds.) Panorama actual de la ciencia del lenguaje. Primer sexenio de ZARAGOZA Lingüística. (pp. 61-84). Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza (PUZ).

Kemmerer, David (2015). Cognitive neuroscience of language. Nueva York: Psychology Press.

Klima, E. S., y Bellugi, U. (1979). The signs of language. Harvard University Press.

Lichtheim, L. (1885). On aphasia. Brain, 7, 433-484.

Mideplan recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idLey=20422> (consulta: mayo 2018).

OCDE (2009) La comprensión del cerebro humano. El nacimiento de una ciencia del aprendizaje. Santiago de Chile: LOM Ediciones. Recuperado de: https://read.oecd-ilibrary.org/education/la-comprension-del-cerebro-el-nacimiento-de-una-ciencia-del-aprendizaje_9789567947928-es#page2 (consulta: mayo 2018).

ONU, (2006) convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. recuperado de <http://www.un.org/spanish/disabilities/default.asp?id=497>. (consulta: mayo 2018).

Poeppl, D., y Hickok, G. (2004). Towards a new functional anatomy of language. Cognition 92, 1-12.

Poizner, H., Klima, E. S., y Bellugi, U. (1990). What the hands reveal about the brain. MIT press.

Revista CES Psicología (2015), vol. 8, 182-199. Recuperado de: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/psicologia/article/view/3140/2437> (consulta: junio 2018).

Sacks, Oliver (2003). Veo una voz. Viaje al mundo de los sordos. Barcelona: Anagrama.

Sporns, O. (2013). The human connectome: origins and challenges. *Neuroimage*, 80, 53-61.

Sporns, O., Tononi, G., y Kötter, R. (2005). The human connectome: a structural description of the human brain. *PLoS computational biology*, 1(4), e42.

Stokoe, W. C. (1960). Sign language structure (Studies in Linguistics. Occasional paper, 8.

Tremblay, P. y Dick, A. S. (2016). Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and language*, 162, 60-71.

Villa Rodríguez, M. A. (2014). La organización cerebral de las lenguas de señas. En M.

Cruz-Aldrete (Ed.) (2014). Manos a la obra: lengua de señas, comunidad sorda y educación (pp. 15-24). México D.F, México: Bonilla Artigas.

Yule, G. (2007). El lenguaje. Ediciones Akal.