

BF463  
SG41137

**Universidad de Los Andes**  
**Facultad de Humanidades y Educación**  
**Maestría en Lingüística**

www.bdigital.ula.ve

**Activación de áreas corticales durante la percepción y producción del  
habla**

(Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiae en Lingüística)

SERBILIA  
Tullo Febres Cordero

Mérida, Julio 2012

**Universidad de Los Andes**  
**Facultad de Humanidades y Educación**  
**Maestría en Lingüística**

**Activación de áreas corticales durante la percepción y producción del habla**

**(Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiae en Lingüística)**

**Autora: Lcda. Riayman Andrea Martínez T.**

**Tutor: Prof. Hernán Martínez M.**

**Mérida, Julio 2012**

## Resumen

En este estudio de corte cualitativo se pretendió observar, a partir de imágenes captadas por un equipo de Resonancia Magnética Funcional (RMF), las áreas de activación cortical relacionadas con la percepción y producción del habla en dos hombres afásicos y dos mujeres sin trastornos del lenguaje. A los cuatro informantes se les aplicó un test de percepción y uno de producción de palabras, preguntas y frases que permitieron ver la activación cerebral de las llamadas zonas del lenguaje. Se obtuvieron 144 imágenes divididas en doce bloques de doce imágenes cada uno. En estas imágenes se observa que las personas sin trastornos del lenguaje presentan escasa activación en las áreas funcionales estudiadas, lo que indica que estos informantes no han requerido gran consumo de oxígeno contenido en sangre durante los procesos de percepción y producción del habla; por su parte, en los pacientes afásicos, la activación de las áreas corticales en el área de Broca, en el lóbulo parietal izquierdo, además del lóbulo frontal, lo que muestra que sus centros de procesamiento lingüístico en el cerebro no han sido del todo lesionados y buscan circuitos cercanos de respuesta. Los resultados concuerdan con los estudios científicos revisados al encontrar activación cortical durante la percepción y producción del habla en el lóbulo frontal, el lóbulo temporal y en ocasiones en el occipital. Pero esto va a depender de las tareas lingüísticas realizadas, pues como se pudo notar en este estudio, la utilización de un determinado tipo de estímulo hace que se activen en mayor o menor medida varias áreas corticales del cerebro.

**Palabras clave:** Activación de áreas corticales, percepción del habla, producción del habla. Resonancia Magnética Funcional (RMF).

## Abstract

In this qualitative research we pretended to observe, using images captured by a Functional Magnetic Resonance (fMRI) device, the areas of cortical activation related with the perception and production of speech in two aphasic men and two women without any pathology. We applied to them a test of perception and

production of words, questions and phrases which let us see the brain activation of the so-called language areas. We got 144 images divided on 12 blocks (12 images each). In those images we could observe that patients without any pathology presented a scarce activation in the functional areas studied, which suggested that those patients did not require a high consumption of the oxygen contained in the blood during the perception and production of speech; in the other hand, with the aphasic patients, the activation of the cortical areas was mainly close to the Broca area on the parietal left lobe and the frontal lobe, which shows that their linguistics-process center on the brain had not been completely injured and they look for near answer circuits. The results of this study correspond to others scientific studies in the cortical activation during the perception and production of speech in the frontal, temporal lobe and occasionally the occipital lobe. Nevertheless this would depend on the linguistic activities made, since as we could notice in this study, using certain kind of stimulation made the cortical areas of the brain activate in a major or a lower way.

**Key words:** Activation of Cortical areas, Speech perception, Speech production, Functional Magnetic Resonance device (FMR).

## **Dedicatoria**

A Dios, por darme la fuerza y guiarme en cada uno de mis pasos **permitiéndome** hacer lo que más amo.

A mis padres, por ser ellos la luz que siempre aparece ante las adversidades. **Sin ellos** mis metas no serían tan reales. Mis triunfos siempre serán para ustedes.

A mi hermanito, por ir aprendiendo junto a mí en el camino, por ser una **lucecita** en mi vida. Gracias.

A mi familia, a los que están y a los que tomaron el tren antes, gracias por siempre apoyarme y darme ánimo en las caídas.

A Yolimar Chacón Contreras, por haberme enseñado que siempre hay que **luchar** hasta que las fuerzas se agoten, por haber estado a mi lado mientras Dios me lo permitió. Este triunfo es tuyo y sé que desde donde estés celebrarás conmigo.

A las personas que llevo en el alma, mis hermanas de corazón y mis amigos, **a los que** son mi bastón y mi conciencia, gracias. Este triunfo lleva sus nombres por todas partes.

A mis profesores, por haberme formado con tanto rigor, ética y amor, gracias a **ustedes** pude aprender de mis faltas para luego ir aprendiendo más de esta ciencia **que se** convirtió en mi más grande pasión.

A mi tutor, por haberme aceptado no solo como su tutorada sino por haber **decidido** apoyarme en esta fase de mi aprendizaje.

A Carmen Luisa Domínguez, por haberme levantado con cariño en las caídas **y por haber** celebrado conmigo cada pequeño o gran triunfo.

A Joaquim Llisterri, por su apoyo y amistad incondicional, gracias por las **palabras** de aliento y las discusiones que me permitieron aprender mucho más de la **vida** y de nuestras apasionantes áreas de investigación.

A **todos** ustedes y a todos los demás –que saben quiénes son–, gracias. Sin **ustedes** este sueño que empezó hace unos años no estuviese en su versión final.

## **Agradecimientos**

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes, por haber financiado esta investigación a través del proyecto código (H-1332-10-06-EM)

A los miembros de la Unidad de Imagenología del Centro Médico Dr. Rafael Guerra Méndez de la ciudad de Valencia, por haber permitido el uso del equipo de resonancia magnética funcional. También agradezco el apoyo del personal médico y técnico del área, sin ustedes este trabajo no se hubiese podido llevar a cabo.

A Ricardo Gallardo, T.S.U. en Radiología e Imagenología, por ser un investigador activo y apoyar a los que necesitamos investigar en equipos de alta tecnología, como el resonador funcional que está a su cargo. Además de haber sido de gran ayuda para lograr esta investigación por su formación y conocimiento del área.

A la Dra. Carolina Cesarone, por siempre estar dispuesta a trabajar en esta investigación y ayudar con la parte médico-radiológica.

Al Dr. Antonio Daher, por colaborar con sus conocimientos en neurología y recomendarles a sus pacientes afásicos que participaran en la investigación.

Al Dr. Yimber Matos, por prestarme su ayuda para entender mejor los procesos funcionales.

Al Dr. Darwing Villalta, por ser un gran amigo y un apoyo incondicional en este arduo trabajo de “descifrar” el cerebro.

## Índice

Capítulo I.....	-1-
Introducción.....	-1-
Capítulo II .....	- 5 -
Percepción y producción del habla .....	- 5 -
La percepción del habla .....	- 6 -
Modelos de percepción del habla .....	- 7 -
La producción del habla .....	- 11 -
Modelos de producción del habla.....	- 12 -
Integración de los procesos de percepción y producción del habla .....	- 17 -
Capítulo III.....	- 19 -
Cerebro y lenguaje .....	- 19 -
El cerebro .....	- 20 -
Localización del lenguaje en el cerebro .....	- 21 -
El papel del hemisferio derecho en el procesamiento del lenguaje.....	- 28 -
El papel del cerebelo en el procesamiento del lenguaje.....	- 29 -
<i>Estructuras cerebrales y función lingüística</i> .....	- 30 -
Modelos cerebrales del lenguaje .....	- 32 -

<b>Las afasias</b> .....	- 37 -
Los procesos de percepción y producción del lenguaje vistos a través de las técnicas imagenológicas .....	- 41 -
<b>Capítulo IV</b> .....	- 51 -
<b>Metodología</b> .....	- 51 -
<b>LOS INFORMANTES</b> .....	- 52 -
Referencias clínicas de los informantes afásicos .....	- 52 -
<b>El instrumento</b> .....	- 53 -
<b>Primera parte. Palabras</b> .....	- 54 -
Segunda parte. Frases y preguntas .....	- 55 -
<b>Técnica imagenológica y procedimientos usados</b> .....	- 55 -
<b>El corpus</b> .....	- 56 -
<b>Capítulo V</b> .....	- 57 -
<b>Resultados</b> .....	- 57 -
<b>Informante A1</b> .....	- 58 -
Procesamiento de palabras .....	- 59 -
Procesamiento de preguntas y frases .....	- 61 -
<b>Informante A2</b> .....	- 62 -
Procesamiento de palabras .....	- 62 -
Procesamiento de preguntas y frases .....	- 64 -

<b>Informante B1</b> .....	- 65 -
<b>Procesamiento de palabras</b> .....	- 65 -
<b>Procesamiento de preguntas y frases</b> .....	- 67 -
<b>Informante B2</b> .....	- 68 -
<b>Procesamiento de palabras</b> .....	- 68 -
<b>Procesamiento de preguntas y frases</b> .....	- 70 -
<b>Capítulo VI</b> .....	- 71 -
<b>Análisis y discusión</b> .....	- 71 -
<b>Capítulo VII</b> .....	- 79 -
<b>Conclusiones</b> .....	- 79 -
<b>Referencias</b> .....	- 82 -

www.bdigital.ula.ve

## Índice de figuras, Tablas y bloques

Figura 1.....	21
Figura 2.....	24
Figura 3.....	26
Figura 4.....	36
Figura 5.....	58
Tabla 1.....	40
Bloque 1.....	59
Bloque 2.....	60
Bloque 3.....	61
Bloque 4.....	62
Bloque 5.....	63
Bloque 6.....	64
Bloque 7.....	65
Bloque 8.....	66
Bloque 9.....	67
Bloque 10.....	68
Bloque 11.....	69
Bloque 12.....	70

**Capítulo I**  
**Introducción**

*El hombre tiene particular interés por una misteriosa frontera que está en sí mismo, por desentrañar los procesos y funciones que gobiernan el órgano en el cual él mismo reside. Su cerebro.*  
(Snell, 2007)

Los estudios especializados e interdisciplinarios de áreas como la **neurolingüística** y la **psicolingüística** han permitido dar cuenta de que hay áreas del **cerebro** que participan en la **percepción** y **producción** del habla. Estas disciplinas no **habían** contado con equipos y técnicas **imagenológicas** tan avanzadas para el estudio de la **actividad cerebral** durante la **percepción** y **producción** del habla como los que hay hoy en día.

Los estudios hechos por Paul Broca (1861) le permitieron decir a este investigador que el lugar en el que los movimientos articulatorios son organizados de forma **secuencial** y **activados** durante la **expresión verbal** es el área ubicada en la **corteza prefrontal**, por delante de la **porción inferior** de la **corteza motora primaria**, en la **cercanía** de la **fisura lateral**. El área de Broca está constituida por la **porción opercular** y **triangular** del **giro frontal inferior** (Habib, 1994). Por su parte, Carl Wernicke postuló que el área encargada de la **decodificación auditiva** del lenguaje se **ubica** en la **región más posterior** de la **primera circunvolución temporal**, está **conectada** con el área de Broca por el **fascículo arqueado** y recibe información del **lóbulo occipital** (de la **corteza visual específicamente**) y de la **corteza auditiva primaria** en el **lóbulo temporal**.

Sin embargo, son pocos los estudios lingüísticos en español que han estudiado la **actividad cortical** durante la **percepción** y la **producción** del habla con base en **imagenología** avanzada, muchos menos se han realizado estudios de este tipo sobre el **español venezolano**. Por lo que podríamos decir entonces que hay una **división** entre **el antes** y **el después** de la **aparición** de la **neuroimagen** como técnica para el estudio del **procesamiento lingüístico** en el cerebro. Antes el uso de técnicas **radiológicas**

como la radiología estática, la cinerradiología, la cinefluorografía, los micro-haces de rayos X solo permitían ver el cerebro de manera general. No es sino hasta el año 1955 cuando se tomó la primera imagen con un equipo de Tomografía Axial Computarizada (TAC), lo que permitió ver el cerebro a un nivel mucho más profundo. A esta tecnología le siguió la Tomografía Computarizada (TC); después, hacia la década de los 70, apareció la Resonancia Magnética (RM).

A mediados de los años 90 del siglo XX aparecen los equipos de neuroimagen funcional especializados que han ido avanzando en cuanto a software, para ver de manera más precisa y clara el cuerpo humano hasta el punto de mostrar una visión tridimensional de los órganos que lo componen. Con la aparición de los equipos de TAC, TC, RM, Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y Tomografía por Emisión de Fotón Único (SPECT), se empezaron a hacer algunos estudios sobre lo que estaba pasando en el cerebro mientras se leía, se repetían palabras, etc., (cf. Álvarez Linera *et al.* 2002; Ackermann, Riecker, y Wildgruber 2004; Ortiz Siordia *et al.* 2008). Con el tiempo, estas técnicas han ido mejorando y los niveles de exposición de radiación y de radiofrecuencias se han controlado mejor para afectar lo menos posible a los informantes, haciendo que el proceso de la adquisición de datos por imágenes sea mucho más breve y aún más exacto.

Técnicas como la RM y la TAC han permitido estudiar las áreas cerebrales corticales asociadas al lenguaje, conformadas por el área sensitiva, el área motora y el área de asociación de manera bastante básica, sin aportar una ubicación y una definición precisas. Hay que tener presente que, aunque es cada vez más evidente la utilidad de las técnicas de imagenología como medio de estudio para la obtención de información sobre el procesamiento del lenguaje en el cerebro, estas técnicas no están al alcance de todos los lingüistas, así como tampoco la interpretación de los resultados que se obtienen por esos medios. De manera que, aunque los resultados arrojados por estas técnicas son interesantes y pertinentes, pocas veces se pueden aprovechar cabalmente.

Por lo dicho anteriormente, esta investigación pretende estudiar la actividad **cerebral** durante la percepción y producción del habla en personas sanas y afásicas a través de técnicas imagenológicas como la RMF. Específicamente, se pretende **estudiar la actividad cortical** durante la percepción y producción del habla mientras se **presenta a los informantes una serie de estímulos lingüísticos**. Se estudiará qué pasa en el cerebro cuando los informantes, hablantes nativos del español venezolano, sanos y afásicos, perciben y producen frases, preguntas y palabras aisladas. Se pretende **comparar los datos obtenidos sobre la activación cortical durante la percepción y producción del habla en personas sanas y afásicas**. Con este estudio buscamos proporcionar un acercamiento a ese mundo complejo de las relaciones entre el cerebro y el lenguaje. Estos objetivos hicieron que se planteasen las siguientes preguntas para el desarrollo de esta investigación: ¿cuáles son las áreas de activación cerebral a nivel cortical relacionadas con la percepción y producción del habla? Además, ¿hay diferencia entre la aplicación de un estímulo (palabras) y otros (preguntas y frases)? ¿Se activarán las mismas áreas para el procesamiento de los diferentes tipos de estímulos?

Este tipo de investigación no se ha hecho hasta ahora en Venezuela debido a los **altos costos** de los estudios imagenológicos y la dificultad del acceso a los **equipos**; además, son pocos los investigadores del área de neurolingüística y muchos **menos** los que poseen una formación especializada para la realización de este tipo de **trabajos**.

## **Capítulo II**

### **Percepción y producción del habla**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## I. PERCEPCIÓN DEL HABLA

La percepción, en tanto que función que nos permite interpretar, asignar significado y organizar las experiencias generadas por algún tipo de estímulo, se caracteriza por ser un fenómeno amplio e integral en el que influyen nuestras necesidades, valores y deseos. Cada uno de nosotros codifica y clasifica los datos que nos llegan del exterior a través de nuestros sentidos, reduciéndolos a categorías de las que dispondremos para comprender luego el entorno, el contexto. Estas clasificaciones y codificaciones son procesos intermediarios entre los estímulos y la conducta (Bruner, 1984). Desde esta perspectiva, se reconoce, en efecto, que la percepción es un proceso compuesto de sensaciones (objetivas) y de conocimientos previos (subjetivos) que se nos aparece como simple; esto es, todo lo percibido parece estar dado simultáneamente y en igualdad de condiciones, formando una unidad. Específicamente, la percepción del habla la definimos, siguiendo a Martínez Matos (2009:35), como “un proceso global, estructurado y orientado temporalmente, que involucra la sensación y la experiencia o el conocimiento previo del sujeto e implica la segmentación de las unidades lingüísticas y la interpretación o asignación de un significado”.

Desde el punto de vista lingüístico, varios han sido los estudios sobre percepción del habla; en ellos este proceso se ha vislumbrado bastante complejo. Así lo indican, entre otros, autores como Matlin y Hugh (1996), Yeni-Komshian (1999), Marrero (2001) y Martínez Matos (2009). Los trabajos de percepción del habla han explicado cómo las personas son capaces de percibir los límites entre las palabras y también los límites entre elementos menores como la sílaba o los segmentos, aun cuando estos carecen de pausas y se caracterizan por ser de naturaleza variable. Esta realidad experimental ha sido fundamental para el desarrollo de esos trabajos, ya que con ellos se evidencia, en primer lugar, que el proceso de percepción se debe a

procesos de segmentación realizados en un nivel superior, y en segundo lugar, que la **variabilidad** constituye un fenómeno fundamental en la percepción lingüística.

### 1.1. Modelos de percepción del habla

Una teoría ya clásica que estudia la percepción del habla es la *Teoría motora*, cuyos más señalados defensores son Alvin Liberman y su grupo de colaboradores del Laboratorio Haskins (Liberman *et al.*, 1967; Liberman y Mattingly, 1985). Según esta teoría, la identificación fonética se efectuará mediante un sistema de procesamiento especializado en la percepción de sonidos del habla distinto del sistema empleado en la percepción de los restantes estímulos auditivos, lo que determina un modo específico de procesamiento, el llamado *modo del habla* (speech mode). El modo de habla se podría definir como un canal de procesamiento de señales auditivas permanentemente sincronizado con aquellas propiedades acústicas de la señal sonora que pueden ser integradas en un estímulo del habla. El modo de habla se halla adaptado a un código en virtud del cual la estructura fonética del lenguaje se impone sobre las propiedades acústicas de la señal del habla. Este modo específico de procesamiento se define, a su vez, en términos de las propiedades articulatorias y coarticulatorias de los sonidos. Es decir, existe un vínculo directo entre los sistemas de percepción y producción del habla. Así pues, la idea central de esta teoría es que el habla se percibe gracias a nuestro conocimiento del modo en que se produce.

La teoría motora, según Belinchón *et al.* (1998: 340), postula como módulo **básico** de la percepción del habla un mecanismo de análisis por síntesis, que **comprende**, por un lado, procesos de extracción de la información de la señal sonora, **y por otro**, procesos de generación interna de sonidos a partir de las claves acústicas **analizadas** y del conocimiento de las propiedades articulatorias de los sonidos del **habla (síntesis)**. Es decir, que el mecanismo de análisis por síntesis permite incorporar a los procesos de percepción del habla propiedades más globales o de orden superior de las **emisiones** lingüísticas, tales como estructura suprasegmental (acento y

**entonación) y métrica (silabificación), dado que estas propiedades pueden influir sobre los procesos de integración acústico-fonética.**

Las pruebas empíricas más destacables a favor de la teoría motora son, en primer lugar, el fenómeno llamado percepción dúplex (cf. Liberman, 1967; Liberman y Mattingly, 1985). Liberman (1985) creó un ingenioso experimento en el que aisló de forma artificial el tercer formante del espectrograma de una sílaba, separándolo del resto de la configuración espectral, presentando cada parte por separado a cada oído – mediante una presentación dicótica. Los oyentes informaban reconocer claramente por un oído una sílaba no ambigua y por el otro un chirrido; es decir un estímulo no lingüístico, que pertenecía al estímulo modificado. Todo esto para concluir que una única clave acústica daba lugar a dos pautas perceptivas independientes. En segundo lugar, otra prueba que sustenta la teoría motora procede de los estudios de integración visual y auditiva en la percepción de sonidos del habla. Belinchón *et al.* (1998:341) proponen que de ser correcta esta teoría, cualquier información visual sobre las propiedades articulatorias del habla puede ser empleada por los oyentes en la identificación del sonido, y por tanto influirá en los juicios y respuestas perceptivas de los sujetos. Un ejemplo de esta teoría lo constituye el efecto McGurk (Cf. MacDonald y McGurk, 1976).

Por otra parte, otro de los modelos de percepción del habla está contenido en la explicación del fenómeno de la percepción categorial abordado inicialmente por Liberman, Harris, Hoffman y Griffith (1957), quienes encontraron que los estímulos que formaban parte de un *continuum* físico eran clasificados en categorías por los oyentes (Martínez Celdrán, 1995: 266). Estos investigadores plantearon entonces que la percepción del habla es un proceso especial y único, que no se produce en otras dimensiones estímulares auditivas o no auditivas. La especificidad del proceso reside en la manera en que un individuo percibe los sonidos del habla y a su vez la manera en que dichos sonidos son producidos (Arias Holgado *et al.* 2004:63). Así pues, el ser humano percibe el habla de forma discreta, a pesar de que los estímulos físicos

sean **continuos** (Martínez Celdrán, 1995: 226). A saber, percibimos en forma de **categorías** discretas fenómenos que físicamente forman un continuo. La idea central de **este** modelo sostiene que agrupamos en categorías –prototipos– cosas que en la **realidad** pueden ser físicamente distintas.

Uno de los primeros experimentos de los laboratorios Haskins consistía en pedirle a un grupo de personas que identificara /b/, /d/ o /g/ en una serie de sílabas producidas artificialmente en la que se le cambiaba gradualmente la transición del segundo formante, uno de los indicios acústicos que aporta información sobre el lugar de articulación de las consonantes. Mientras que los estímulos variaban gradualmente, las respuestas fueron mostrando, en cambio, que hay un punto en el que en la percepción se produce un salto de una categoría a otra (Demestre, *et al.* 2006). Este fenómeno de la percepción categorial implica que nuestro cerebro distingue mejor las diferencias entre los sonidos que pertenecen a categorías diferentes más que entre los sonidos pertenecientes a una misma categoría.

Un modelo que intenta combinar la percepción fonética con el acceso al léxico y que se basa en la idea de que nuestro sistema de percepción está constituido por **plantillas** almacenadas, es el Lexical Access From Spectra (LAFS), desarrollado por **Klatt** en el instituto de Massachusetts en 1979. La idea de este modelo es que nuestra **memoria** dispone de un diccionario de espectros prototípicos correspondientes a **nuestra** lengua y que en el momento de la percepción los compara con el análisis que **el oyente** hace del estímulo lingüístico que entra en forma de señal sonora. En este **modelo**, el léxico también estaría representado en redes de combinaciones de sonidos.

El Fuzzy Model of Speech Perception (FLMP) o modelo de *lógica difusa* **considera** la percepción como un modelo de extracción de indicios acústicos. Fue **propuesto por** Dominic Massaro y sus colaboradores de los laboratorios de la **Universidad de California**, a finales de los años 70 del siglo XX. Según este modelo, **la percepción comienza** por determinar cuáles son los rasgos acústicos fonéticos que

se encuentran presentes en la señal sonora. Hay que tener presente que el uso del término *difuso* (fuzzy) viene dado porque el oyente no busca si un rasgo está presente o no, sino que evalúa su probabilidad de aparición, utilizando todas las fuentes de información posibles. En este modelo se maneja la hipótesis de que los rasgos son comparados con un conjunto de fonemas prototípicos<sup>1</sup>, consistentes en una descripción de los rasgos acústicos y fonéticos que idealmente caracterizarían cada fonema, para finalmente determinar el grado de adecuación entre la representación almacenada de los prototipos de fonemas y los rasgos detectados en la señal para llegar así a una decisión sobre las unidades lingüísticas presentes en las ondas sonoras (Demestre, *et al.* 2006).

Otro modelo que ha intentado dar cuenta de lo que pasa cuando se percibe el habla es el desarrollado por Marslen (1975, 1987) y Marslen y Welsh (1978) conocido como *Cohorte*. Este modelo está basado en el concepto de que el *input* tanto auditivo como visual que llega al cerebro estimula las neuronas desde el momento en que entra y no al momento en que se termina de oír el *input* completo. De acuerdo con este modelo, cuando una persona oye palabras se activa alguna cohorte de palabras contenidas en el léxico de la persona en virtud de los segmentos fónicos contenidos en el inicio de la palabra, y entre más segmentos son añadidos, más palabras son excluidas hasta que solo queda una palabra que concuerda con el *input* (Marslen, 1987). Este proceso mediante el cual las palabras son activadas y los competidores son rechazados es llamado “activación y selección” o “reconocimiento y competencia”. Este proceso continúa hasta el momento en que solo una palabra permanece activada y todos los competidores han sido eliminados; a este momento se le conoce como punto de reconocimiento (Marslen, 1987:7). Es decir, que cuando se percibe el habla, se establece una cohorte de ítems posibles en la que podría estar la palabra meta.

---

<sup>1</sup> En este caso los fonemas prototípicos hacen referencia a las pequeñas unidades perceptivas del lenguaje, los cuales contienen rasgos distintivos.

Otro de los modelos que incorporan tanto la información acústica como la información de niveles de procesamiento superior o cognitivo es el TRACE (o huella). La característica más importante de TRACE es que enfatiza el papel del procesamiento *top-down* durante el reconocimiento de la palabra. A diferencia de la teoría motora de la percepción del habla, el modelo TRACE no pretende tan solo explicar cómo se pasa de la señal acústica a una señal lingüística, sino que también pretende identificar las palabras en el léxico mental. Sin embargo, TRACE asume algún tipo de procesamiento previo que permite la identificación de los rasgos articulatorios en la señal. Los rasgos fonéticos o distintivos, los fonemas y las palabras se constituyen en nodos que representan diferentes niveles de procesamiento. Cada nodo tiene un nivel de reposo, un umbral y un nivel de activación que indica el grado de consistencia entre la entrada y la unidad que representa dicho nodo. Este modelo plantea muchas unidades de procesamiento simples, totalmente interconectadas, que se agrupan en tres niveles de procesamiento:

⇒ Entrada = rasgos fonológicos, ⇒ Intermedios = fonemas ⇒ Salida = palabras.

En este modelo las unidades de entrada están provistas de energía, están "activadas". La activación se propaga a lo largo de las conexiones, siendo estas conexiones entre niveles bidireccionales. También en cada nivel, hay conexiones inhibitorias entre unidades.

## 2. LA PRODUCCIÓN DEL HABLA

La producción del habla es un proceso onomasiológico. Es el producto final de un complejo trabajo de procesamiento cognoscitivo y lingüístico. La producción del habla puede entenderse como la codificación de las unidades lingüísticas en la onda sonora. Este proceso tiene lugar en cuatro etapas: 1. Especificación, a rasgos generales, de aquello que se persigue comunicar; 2. Se buscan y ordenan las palabras que sirven para expresar la idea que se quiere transmitir; 3. Se genera el código

fonológico que corresponda; 4. Se formula el plan articulatorio final (cf. Martínez Matos, 2009).

La producción del habla tiene las características de otros comportamientos motores humanos: la *plasticidad*, puesto que el movimiento se adapta a las circunstancias del momento (los cambios del movimiento producidos en las situaciones nuevas no llegan a alterar el objetivo final); la *adaptación* de los mecanismos articulatorios para llegar al resultado acústico deseado; la *economía*, ya que nunca se llega a gastar más energía articulatoria de la que es necesaria (los procesos de coarticulación, reducción y asimilación se dan en la producción del habla); y la *adaptabilidad*, ya que los hablantes pueden adaptar su estilo de pronunciación según las necesidades estilísticas o pragmáticas de la situación en función de su interlocutor.

## 2.1. Modelos de producción del habla

Uno de los modelos de producción del habla es el *generador de emisiones* propuesto por Victoria Fromkin (1971, 1973) que considera que el proceso de producción se da en seis etapas y se abarca en cada una de ellas uno de los distintos niveles lingüísticos (fonético, fonológico, morfológico, léxico y sintáctico): en una primera etapa se especifica el significado de la oración en términos de rasgos semánticos de carácter pre-léxico; en otras palabras, se genera el significado que se pretende transmitir. En la segunda etapa se determina la estructura sintáctica mediante la asociación de rasgos semánticos con funciones sintácticas. En la tercera etapa se genera el perfil de entonación, que es asignado a la estructura anterior. Durante la cuarta etapa tiene lugar la búsqueda y recuperación de elementos léxicos en función de las propiedades semánticas y sintácticas. En la quinta etapa se da la especificación fonológica en la cual se aplican las reglas de pronunciación fonológica para producir como salida segmentos fonéticos totalmente especificados en sílabas. Y por último, en la sexta etapa, se generan las órdenes motoras para el habla. Los haces de rasgos

**fonéticos se proyectan sobre los comandos motores dirigidos a los músculos del tracto vocal para producir la enunciación pretendida.**

Por otra parte, Garrett (1975, 1980, 1982, 1984, 1988) propone un modelo que **se basa en errores espontáneos del habla.** Esta investigadora reconoce la existencia de tres sistemas –conceptual, lingüístico y motor–, pero estudia en mayor medida los procesos y representaciones que caracterizan el sistema lingüístico. La autora presenta el procesamiento del lenguaje como el producto de un conjunto de sistemas de procesamiento independientes, cada uno con su estructura interna.

Según Garret, desde el momento en el que un hablante tiene algo que decir hasta que le da forma a su idea en sonidos, se suceden tres niveles de representación: *el nivel del mensaje*, que viene dado por su conocimiento general del mundo y llega a través de un conjunto de procesos inferenciales que son aplicados a estructuras conceptuales (esta representación comprende un vocabulario básico de conceptos simples); el segundo *nivel de la oración*, donde se caracterizan los procesos y representaciones necesarias durante el procesamiento de la oración (este nivel comprende a su vez un nivel funcional, de naturaleza lógico-sintáctica, un nivel **posicional**, de naturaleza sintáctico-fonológica y un nivel fonético); y el *nivel articulatorio*, al que se llega mediante procesos de codificación motora que traduce **las matrices de rasgos distintivos en el nivel fonético, en instrucciones de control del sistema articulatorio y respiratorio.**

Tanto el modelo de Garrett como el de Fromkin coinciden en bastantes puntos. En primer lugar, en la arquitectura funcional del sistema de producción como un conjunto de niveles de procesamiento, relativamente independientes, definidos por la información procesada en cada uno de ellos. Ambos modelos distinguen tres niveles: **el nivel conceptual**, el nivel oracional y el nivel articulatorio. En el nivel **conceptual**, la fuente del mensaje de Garrett y los procesos y mensajes inferenciales **corresponden al significado** a transmitir de Fromkin. En el nivel de la oración, Garrett

**distingue entre el nivel funcional (es en este nivel donde se dan los intercambios que implican a palabras con la misma función gramatical) y el nivel posicional (que tiene una representación orientada hacia la pronunciación). Por su parte, Fromkin ve que en este nivel los elementos léxicos se recuperan con la forma fonológica ya especificada. En el modelo de Garrett, es en este nivel cuando se asigna un lugar en la posible secuencia superficial a los sonidos de las palabras y de los elementos oracionales. El nivel articulatorio de Garrett se corresponde con la sexta etapa del modelo de Fromkin, donde los comandos motores sobre el tracto vocal producen la representación acústica del mensaje.**

El modelo de la producción del lenguaje descrito por Levelt (1989) empieza con una primera fase de la producción verbal, que se denomina fase de planificación o de conceptualización. En esta fase los sujetos seleccionan el contenido comunicativo del mensaje que quiere comunicarles a sus interlocutores. En esta fase tienen lugar una serie de procesos de carácter intencional que permiten tener como resultado una representación o paquete de información al cual se le denomina mensaje preverbal. La segunda fase, llamada codificación o formulación lingüística, supone la utilización de la gramática, pues es en esta fase donde se elabora una primera representación de la forma lingüística del mensaje y de la especificación de las distintas unidades que componen la oración. Durante la tercera fase, o fase de articulación, se dan las representaciones lingüísticas que conforman el plan fonético y que son traducidas a su vez en un código o plan motor que especifica y pone en marcha la secuencia de movimientos que han de realizar los músculos implicados en la realización de la producción del habla.

Para Levelt (1983, citado en García Chico, 1992), los intentos de autocorrección mientras se está hablando sugieren que los hablantes se ocupan activamente de controlar tanto las formas intermedias de las emisiones que pretenden transmitir durante su procesamiento, como el *output*. Esta función de control y autocorrección se ejerce a través de dos mecanismos: uno de análisis (*parsing*), que

**actúa a modo de** almacén con secuencias de materiales lingüísticos codificados **fonológicamente** que le facilitan al hablante la comprensión del lenguaje y una **programación** eficaz de las instrucciones articulatorias en los procesos de producción, y otro de control (monitoring), que posibilita la revisión de los diversos *outputs* lingüísticos con el fin de corregir posibles errores al compararlos con la norma de producción que garantiza la adecuación lingüística y prosódica del *output* producido. Desde esta perspectiva, los procesos de producción y de percepción del habla se conciben como procesos que se dan en paralelo.

Este modelo coincide en líneas generales con el de Garrett; ambos parten de la premisa de que todo se da en tres niveles de procesamiento: el nivel del mensaje, que correspondería al nivel de conceptualización de Levelt, el nivel de la oración, que encierra los procesos de formulación lingüística, y el nivel articulatorio o motor, en el que se asignan las representaciones lingüísticas al plan fonético para darle instrucciones al aparato fonador para producir la señal sonora.

Otros modelos presentan el proceso de producción del habla de manera **paralela** y multidireccional, admiten la organización del sistema de formulación en **niveles** jerárquicos de procesamiento y sustentan que hay relaciones recíprocas entre **dichos** niveles. Dentro de estos tenemos el de Stemberger (1985) y el de Dell (1986, 1997, 1999).

Stemberger (1985) esboza un modelo que sostiene la idea de que cualquier **sistema** cognitivo comprende la existencia de unidades (nodos) y conexiones entre **unidades** que actúan por procesos de activación, y oscila entre un mínimo (cuando las **unidades** no se ven envueltas en procesamiento) y en un máximo (cuando dichas **unidades** intervienen en el procesamiento). Cada unidad tiene un nivel de reposo **característico** que se recupera una vez utilizada. Este modelo postula un conjunto de **procesamientos** que influyen mutuamente y de forma inmediata. Según este modelo, el **proceso de la producción** del habla comienza en el momento en el que el hablante

conoce una idea que quiere expresar. Esta idea alimenta al componente del sistema de memoria, en donde se almacena la información activando unidades semánticas y pragmáticas y el sistema del lenguaje en forma de fragmentos lingüísticos, que se corresponden con las cláusulas, oraciones o proposiciones. El sistema lingüístico atraviesa una serie de procesos hasta dar con el más adecuado. El acceso a la estructura sintáctica y el acceso al léxico son muy similares, se dan al mismo tiempo e interactúan entre sí. El nivel léxico interactúa a su vez con el fonológico y este último con rasgos probablemente alofónicos que en simultáneo interactúan con la programación motora y las reglas fonéticas, y éstas con la fonología, el léxico y la sintaxis. En este modelo la activación de un nivel implica la activación de los niveles inferiores, interactuando al mismo tiempo hasta llegar a la codificación motora.

Dell (1986, 1997, 1999), por su parte, entiende la producción del lenguaje como un conjunto de procesos a través de los cuales la representación semántica de una oración es traducida a una representación fonética. Se caracteriza por tres tipos de procesos de codificación: el primero es el sintáctico, a través del cual se seleccionan y ordenan las palabras según las reglas de la gramática de la lengua del hablante; el segundo proceso es el de decodificación morfológica, donde se especifican las palabras en términos de los morfemas constituyentes; y el tercero de los procesos es el de codificación fonológica, donde se descomponen los morfemas en sonidos. En cada nivel hay un conjunto de marcos estructurales para cada uno donde se aplican las reglas categoriales correspondientes, y donde una red léxica va a ocupar las posiciones concretas de los marcos estructurales. Para este autor, cada nivel de procesamiento constituye una representación de la oración que se va a expresar, y a su vez cada representación es un conjunto ordenado de elementos léxicos: un conjunto de etiquetas ordenadas sobre nodos de la red léxica, señalando los contenidos de la representación y su orden. En este modelo, el nivel de activación de una variable real para un nodo determinado en un momento concreto es siempre positivo y puede definirse por nodos conectados entre sí.

**El modelo de Dell se relaciona con el modelo de Stemberger, ya que ambos modelos plantean que la producción del habla se da por activación dentro de niveles o nodos que son multidireccionales, y que todo va a depender de la mayor o menor activación de los distintos niveles hasta concretarse el habla en el nivel articulatorio.**

Gregory Hickok (2009) presenta un estudio que pretende mostrar un nuevo modelo de la anatomía funcional del habla y del lenguaje cuyas bases están en tres afirmaciones centrales: en primer lugar, afirma el autor que los sistemas neuronales se apoyan en la percepción de los aspectos sub-lexicales de la expresión que son esencialmente bilaterales y se encuentran organizados en la región posterior del lóbulo temporal; en segundo lugar, que los sistemas neuronales de apoyo a la producción de fonemas del habla constituyen una red de sistemas predominantes en el hemisferio izquierdo, que incluyen no solo las regiones frontales sino también las regiones superiores del lóbulo temporal; y en tercer lugar, plantea que los sistemas neuronales de apoyo de la percepción y producción del habla se solapan parcialmente en el lóbulo temporal superior izquierdo. Lo que pretende postular este modelo es que no son idénticos pero se superponen parcialmente los sistemas involucrados en la percepción y producción del habla.

### **3. INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS DE PERCEPCIÓN Y PRODUCCIÓN DEL HABLA**

Hemos tomado en esta investigación una propuesta teórica experimental planteada por Martínez Matos (2009) que tiene como premisa central la vinculación estrecha entre los procesos de percepción y producción del habla, según la cual el sistema lingüístico está codificado en varios niveles de procesamiento. Este autor propone que la producción del habla tiene lugar en cuatro etapas. Primero se genera la intención ilocutiva y se especifica aquello que se persigue comunicar sin llegar a poseer formato lingüístico. Luego, en la segunda etapa, se buscan y ordenan las entradas léxico-semánticas que expresan la idea que se quiere transmitir. En la tercera, paralela a la segunda, se genera el código fonológico correspondiente. En la

**cuarta etapa se genera la representación prosódica asociada a la estructura sintáctica, a las palabras seleccionadas y al código fonológico de salida. Por último, en la quinta etapa, se genera la representación fonética y el plan articulatorio final.**

Así mismo, este investigador propone que el proceso de percepción se da a la inversa del proceso de producción de habla: “La señal acústica de entrada es segmentada y normalizada para asignarle la información fonética correspondiente. Luego esta señal sonora es agrupada en sintagmas y oraciones siguiendo los patrones prosódicos extraídos. En simultáneo, se extrae la información fonológica asociada a la onda sonora. A continuación las representaciones fonológicas y sintácticas procesadas son convertidas en unidades lingüísticas, son categorizadas, clasificadas e interpretadas para después asignarle un contenido semántico e intencional (Martínez Matos, 2009:60)

Según esta propuesta teórica, “los procesos de percepción y producción son procesos múltiples, los distintos niveles del sistema lingüístico interactúan simultáneamente en varias direcciones” (2009:60). Partiendo de esta propuesta, la producción y la percepción del habla son procesos que se dan de manera paralela y multidireccional, lo cual permite volver a un nivel superior o inferior de procesamiento para recuperar información o empezar de nuevo el complejo proceso de hablar y percibir.

Hasta este punto se ha hecho una exposición detallada de los procesos de percepción y producción de habla, lo que nos permitirá tener un panorama generalísimo de los modelos desarrollados para la comprensión y el estudio de estos dos procesos, que si bien se ven por separado en su concepción teórica, hasta llegar a la propuesta que sirve de apoyo para esta investigación y que nos permite dar cuenta de dichos procesos, ocurren de manera simultánea, es decir percibimos porque producimos y producimos porque percibimos (cf. Liberman *et al.*, 1967; Liberman y Mattingly, 1985; Martínez Matos, 2009).

# **Capítulo III**

## **Cerebro y lenguaje**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**En este apartado se dará cuenta de las estructuras y funciones del cerebro, su división y las áreas referidas lenguaje; también se presentarán los modelos que sustentan estas divisiones. Se desarrolla una exposición sobre las afasias, específicamente sobre la afasia de Broca. También se verá lo referente a la neuroplasticidad del cerebro después de una patología cerebral. Del mismo modo, se presenta una revisión de los antecedentes consultados para esta investigación.**

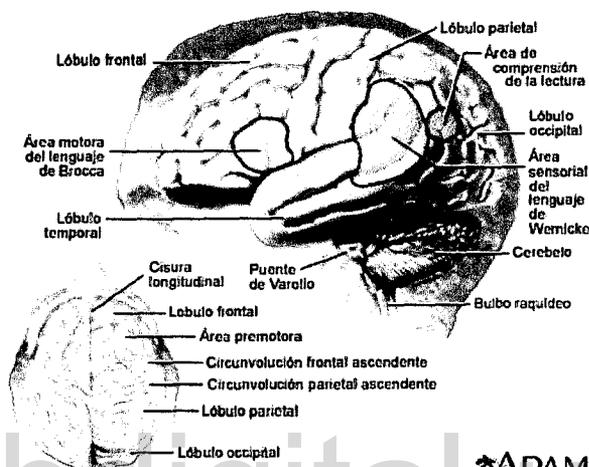
## **1. EL CEREBRO**

Hoy sabemos que los procesos mentales, tanto emocionales como cognitivos, tienen lugar dentro del cráneo, en ese órgano sorprendente que se llama cerebro. Se estima que está compuesto por unas 100.000 millones de células nerviosas o neuronas; la mayoría de ellas situadas en la corteza cerebral o córtex. Cada neurona establece un promedio de 5.000 a 10.000 conexiones con otras neuronas (González Álvarez, 2007). Teniendo en cuenta que estas conexiones, o sinapsis, son claves para el funcionamiento mental, su número resulta astronómico y sus posibles combinaciones ilimitadas, encontrándonos ante una estructura reticular difícil de imaginar en toda su complejidad.

El cerebro es entonces la “computadora” compleja que controla todas las actividades del cuerpo humano. Desde la digestión, respiración, los latidos del corazón, hasta los pensamientos más complejos, como el hecho de caminar y mover los brazos, hablar, escribir, comprender, aprender. Parte de él toda orden, ya sea automática (como con los latidos del corazón) o voluntaria, como el caminar, por ejemplo.

El cerebro está cubierto por una lámina gris que se conoce como corteza cerebral, que es una lámina gris, formada por cuerpos de neuronas, que cubre los hemisferios cerebrales y cuyo grosor varía de 1,25 mm en el lóbulo occipital a 4 mm en el lóbulo anterior. Las neuronas de la corteza están dispuestas en capas bastante diferenciadas. Las fibras nerviosas que nacen de ellas establecen múltiples

conexiones entre las distintas capas y zonas, lo que permite que una señal, cuando llega a la corteza, se extienda y persista. Así mismo, los impulsos eferentes que nacen de un área pueden llegar por las conexiones a otras, o a zonas cercanas a la primera haciendo que continúe la actividad.



**Figura 1.** Partes del cerebro relacionadas con el lenguaje: Cisura longitudinal, Lóbulo frontal, área premotora, circunvolución frontal ascendente, circunvolución parietal ascendente, lóbulo parietal, lóbulo occipital, lóbulo temporal, área motora del lenguaje, área de comprensión de la lectura, cerebelo y bulbo raquídeo. Extraída de [http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/1074.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/1074.htm)

### 1.1. Localización del lenguaje en el cerebro

Existen dos corrientes científicas que analizan la relación entre el lenguaje y el funcionamiento cerebral. Por un lado, tenemos el localizacionismo estricto que ha pretendido ubicar en áreas específicas y limitadas del cerebro a cada función psicológica. La idea central de esta tendencia en cuanto al lenguaje es que este es representado y procesado en una o más regiones limitadas del cerebro. Por otra parte, nos encontramos con el antilocalizacionismo, que concibe al cerebro como un órgano que trabaja como un todo en conjunto, oponiéndose a la teoría de que cada área cerebral opera aisladamente. Esta tendencia destaca la posibilidad de restablecer

**funciones que** habrían podido ser alteradas por una lesión cerebral, por ejemplo; **abiéndole el paso** al concepto de plasticidad cerebral (Rosell Clari, 2005).

Por otra parte, aparece la visión del localizacionismo dinámico, que incorpora **aspectos** pertenecientes a ambas tendencias, desarrollando el concepto de sistema **cerebral funcional**, definido como un sistema dinámicamente estable de vínculos o relaciones entre distintas áreas corticales y subcorticales, cada una de las cuales aporta determinado factor cognitivo para el establecimiento de determinada función **psicología** (Gil y Cardamone, 2003)

La visión clásica que se tiene de las áreas del lenguaje generalmente están basadas en los estudios hechos por localizacionistas a partir de trastornos como la afasia, en los que se propone que existe una serie de centros específicos para el lenguaje que están situadas en el hemisferio cerebral izquierdo en la mayoría de personas y son las siguientes:

**Área motora** (corteza motora, premotora y área de Broca): se ocupa del funcionamiento motor, del habla y la escritura. Se encuentra ubicada delante del surco central y mitad posterior del lóbulo frontal, formado por tres subdivisiones: la **primera** de ellas es la corteza motora ubicada en la parte anterior al surco central y su función es el control de los músculos del aparato fonador. La segunda subdivisión es la **premotora**, que se ubica delante de la corteza motora, y su función es coordinar los movimientos, es decir en esta área se almacena el conocimiento para control de **movimientos**. La última subdivisión pertenece al área de Broca, que puede ubicarse **delante** de la corteza motora. Su función es el control de los movimientos **coordinados** de laringe y boca para pronunciar palabras, es también uno de los centros **del lenguaje**.

**Área visual:** está formada por el área primaria que se ubica en la superficie interna del hemisferio izquierdo y detecta puntos luminosos y oscuros específicos; y el **área secundaria** situada en el lóbulo occipital, que se encarga de interpretar la información **visual** y el significado de palabras escritas.

**Área auditiva:** se subdivide en dos áreas: el *área auditiva primaria* o **área de asociación auditiva**, ubicada en la pared inferior del surco lateral. La parte anterior del **área auditiva primaria** está vinculada con la recepción de sonidos de baja frecuencia, mientras que la parte posterior con los de alta frecuencia; y el *área auditiva secundaria*, ubicada detrás del **área auditiva primaria**. Se cree que esta área es necesaria para la interpretación de los sonidos.

**Área Sensitiva del Lenguaje de Wernicke:** está ubicada en el hemisferio **dominante izquierdo**, principalmente en la circunvolución temporal superior. Está conectada con el área de Broca por el haz de fibras llamado fascículo arqueado. Recibe fibras de la corteza visual (occipital) y de la corteza auditiva (temporal superior). Permite la comprensión del lenguaje hablado y de la escritura.

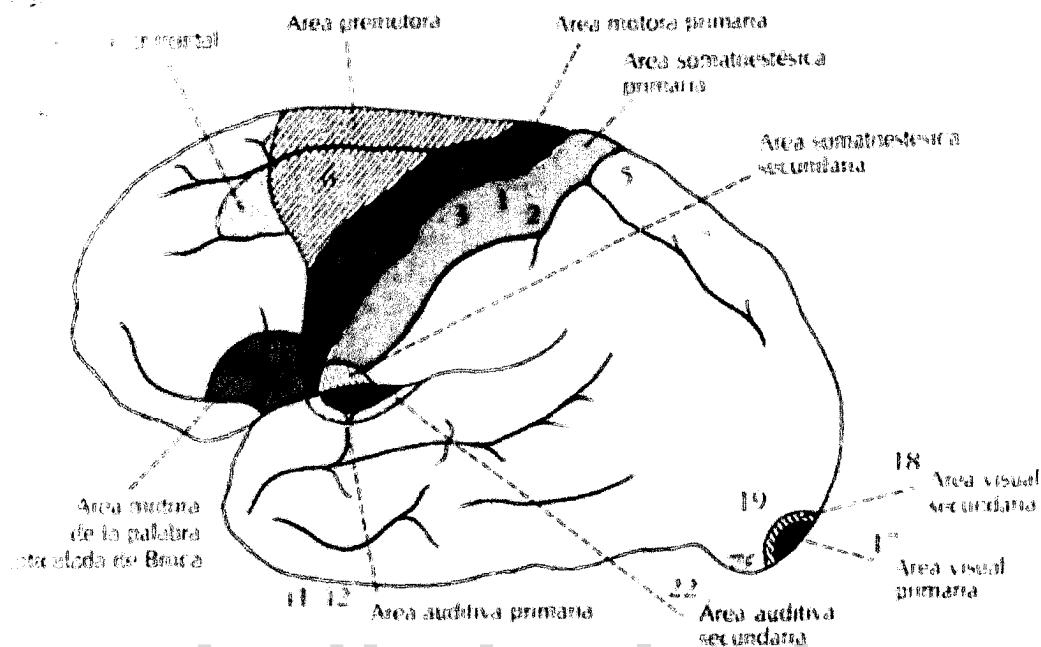
**Área de memoria reciente del lóbulo temporal,** situada en la mitad inferior de este lóbulo. Su función es almacenar la información reciente.

**Circunvolución de Heschl:** ubicada en la parte superior del lóbulo temporal, es una estructura particularmente importante, ya que es la encargada de la recepción auditiva.

**Centro de Exner:** se halla en la parte posterior del lóbulo frontal. En él está el **control motor de la escritura**.

**Ínsula:** está enterrada dentro del surco lateral y forma su piso. Sus conexiones **se conocen en forma incompleta**. Se cree que se asocian con las funciones viscerales.

Como **área de asociación secundaria en el lenguaje se considera el área basal temporal**, que solo se podría ver si se separara el lóbulo temporal del lóbulo parietal, **por encima de la circunvolución de Heschl**, se extiende hasta la cisura que divide los **lóbulos temporal y parietal**.



**Figura 2:** Áreas cerebrales relacionadas con el lenguaje: área motora de la palabra articulada, área auditiva primaria, área auditiva secundaria, área visual primaria, área visual secundaria, área somatosensitiva secundaria, área somatosensitiva primaria, área motora primaria, área premotora, área ocular frontal. Extraída de <https://sites.google.com/site/cerebrohumanoycalculoracional/el-cerebro-humano/estructura-cerebral/neocorteza/corteza-cerebral-y-areas-funcionales>

Las teorías neurolingüísticas han sugerido que estas áreas específicas del cerebro juegan papeles determinantes en el procesamiento del lenguaje. Estas teorías han apuntado básicamente a que el lenguaje se ubica en el área de Broca, el área de Wernicke y a las fibras de conexión entre ellas, además del fascículo arqueado en el hemisferio cerebral izquierdo. Esas descripciones comenzaron en 1861 cuando Pierre Paul Broca describió su exploración de un enfermo crónico con un déficit inusual en el habla que limitaba su capacidad para comunicarse. Siempre que el paciente intentaba hablar, sus palabras se reducían a una única sílaba recurrente "tan" (aunque podía entonarla de diferentes formas para cambiar su significado). Cuando el paciente falleció presentaba problemas del lenguaje; Broca descubrió una lesión vascular que afectaba la circunvolución frontal infero-posterior (zona anterior de la sección más baja en el lóbulo frontal). Aunque Broca nunca seccionó el cerebro para examinar la

en ~~esta~~ ~~lesión~~, sugirió que esa región específica era la responsable de la ~~afasia~~ ~~del habla~~. Esta área llegó a ser conocida después como área de Broca y el ~~defecto~~ ~~comportamental~~ asociado como Afasia de Broca –en un apartado posterior se explicará detalladamente este tipo de trastorno.

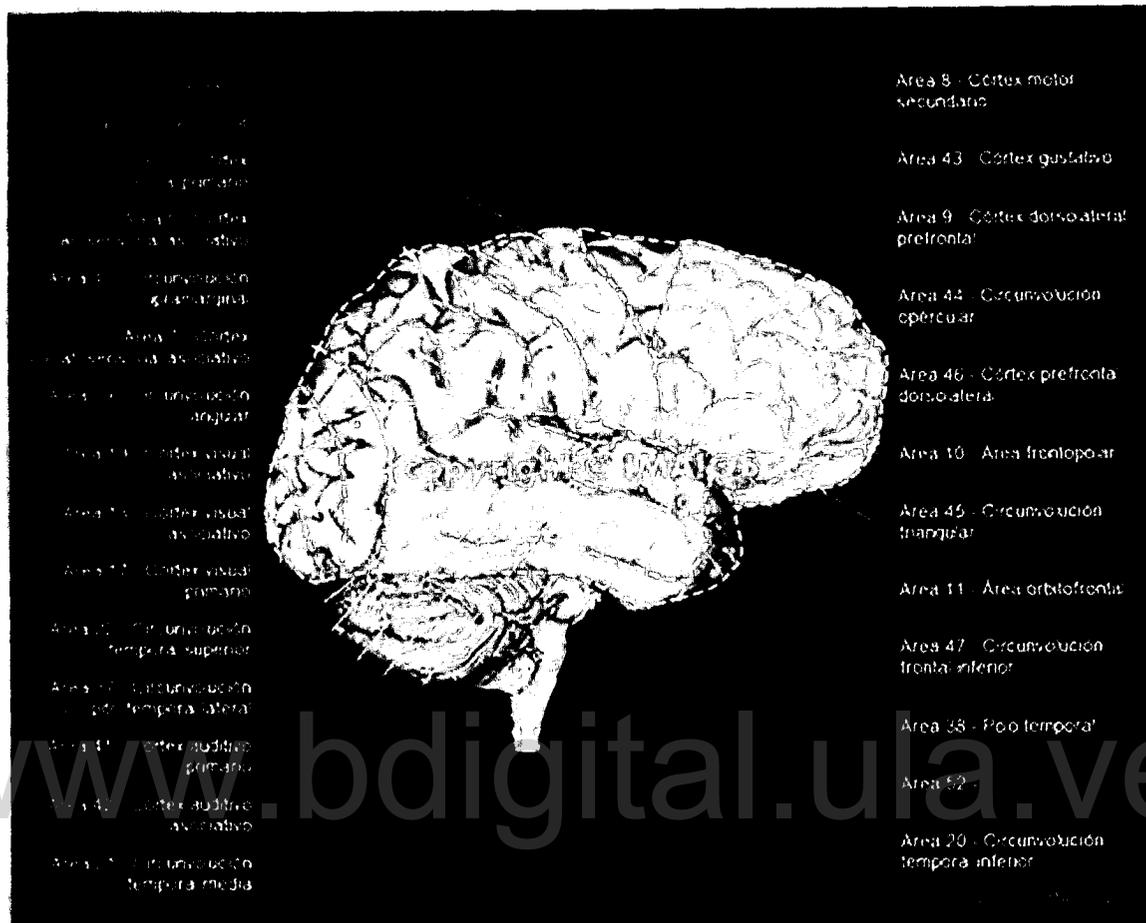
Trejo Martínez *et al.* (2007) plantean que en la actualidad, aunque la mayoría de los autores coinciden en que las áreas 44 y 45 de Brodmann<sup>2</sup> constituyen el área de Broca, existe controversia con respecto a las áreas cerebrales que la integran, ya que la descripción de Broca<sup>3</sup> no es precisa con respecto a las áreas cerebrales como las conocemos actualmente. De la misma manera, anatómicamente se considera que el área de Broca corresponde a los dos tercios posteriores del giro frontal inferior izquierdo (parte triangular y opercular), anteriores al área 6 de Brodmann, es decir, la región comprendida entre las ramas horizontal y ascendente del surco lateral.

www.bdigital.ula.ve

---

<sup>2</sup> Brodman (1878) realizó un mapeo histológico del córtex cerebral, dividiéndolo de acuerdo con la citoarquitectura en 52 áreas diferentes. Cada área tiene una citoarquitectura o distribución neuronal característica.

<sup>3</sup> “La lesión estaba en la segunda o en la tercera circunvolución frontal, más probablemente en esta última. Es posible, por lo tanto, que la facultad del lenguaje articulado, radique en una de estas dos circunvoluciones; pero no lo sabemos con certeza...” (tomado de Trejo Martínez *et al.* 2007:142)



**Figura 3.** Áreas de Brodmann: área 1, área 4, área 5, área 6, área 7, área 8, área 9, área 10, **área 11**, área 17, área 18, área 19, área 20, área 21, área 22, área 37, área 38, área 49, área 40, área 41, **área 42**, área 43, área 44, área 45, área 46, área 47, área 52. Tomada de Visible Human Project: en [www.imaios.com/es/e-Anatomia/Cabeza-y-cuello](http://www.imaios.com/es/e-Anatomia/Cabeza-y-cuello).

Uylings *et al.* (1999) afirman que el área de Broca no está claramente definida, y que lo mismo sucede con el área de Wernicke; además, añaden que existe una gran variabilidad anatómica en cuanto al tamaño y la forma en individuos sanos. Para estos autores, las ramas del surco lateral no coinciden con los límites del área 44 y 45, y hacen énfasis en la gran variabilidad de las ramas ascendente y horizontal del surco lateral, por lo que anatómicamente tampoco es posible delimitar con exactitud el **área de Broca**, sobre todo en aquellos individuos que no tienen las ramas horizontal y ascendente claramente definidas, como frecuentemente puede observarse en los estudios de resonancia magnética.

Según Etchepareborda y López Lázaro (2005), el área de Broca está ubicada en el **opérculo frontal** (áreas 44, 45 y 47 de Brodmann). El opérculo frontal incluye tres partes: **pars opercularis** (área 44), **pars triangularis** (área 45) y **pars orbitalis** (área 47) de la **circunvolución frontal inferior**. Continúan diciendo estos autores que el área 44 del lado izquierdo constituye el área de Broca. Ocupa la parte opercular del giro frontal inferior y se encuentra posterior a la rama ascendente del surco lateral y anterior al límite del área 6. Esta zona corresponde a una corteza asociativa motora que integra los aspectos activadores (límbicos) del lenguaje, los aspectos semánticos y los aspectos de planificación motora involucrados en la iniciación del lenguaje y del habla. En el área de Broca se encuentran las neuronas encargadas de integrar los programas motores necesarios para el lenguaje oral automático o para el control del lenguaje articulado. Según Etchepareborda y López Lázaro (2005), el área 44 del hemisferio derecho está relacionada con la prosodia del lenguaje y los gestos emocionales, aunque se sabe que es necesaria la participación del lado izquierdo en la comprensión de los contrastes tonales y del acento léxico. Trejo Martínez *et al.* (2007) dicen que el área 45 de Brodmann ocupa la parte triangular del giro frontal inferior que puede ser delimitada neuroanatómicamente por medio de las ramas del surco lateral, la parte anterior por la rama horizontal y la parte posterior por la rama ascendente.

En resumen, cabe destacar que en algunos individuos la representación funcional del área de Broca se encuentra delimitada a una zona pequeña; en otros puede ser más amplia y alargada, puesto que siempre habrá una variación anatómica, ya que es imposible conseguir dos cerebros iguales.

Por su parte, en 1874, Carl Wernicke informó de dos casos clínicos con trastornos del lenguaje muy diferentes del caso descrito por Broca. Esos pacientes tenían dificultad con lo que Wernicke describió como "memoria auditiva para las palabras" (Wernicke, 1874, citado en García Chico, 1992), lo que indicaba que tenían problemas con la comprensión del lenguaje hablado, aunque su propio discurso era

fluido y ~~suelto~~. Wernicke realizó la autopsia al cerebro de uno de estos pacientes y **consideró que el daño más significativo se encontraba en el giro temporal superior, y concluyó que esa región era crucial para la comprensión del lenguaje, llegándose a acuñar el término de Afasia de Wernicke para referirse a aquellos trastornos de la comprensión del lenguaje.** Wernicke también desarrolló un modelo elaborado del procesamiento del lenguaje que fue rescatado por el neurólogo Norman Geschwind en la década de los 60 del siglo pasado. Según este modelo (Wernicke-Geschwind), la comprensión y la formulación del lenguaje dependen del área de Wernicke, después de lo cual la información se transmite a través del fascículo arqueado al área de Broca, donde se prepara para la articulación.

En general, los datos de pacientes con lesiones en el área de Wernicke apoyan este modelo. Los pacientes con lesiones en áreas temporales articulan fácilmente pero no siempre entienden el lenguaje hablado o escrito. En cambio, los pacientes con lesiones frontales generalmente tienen dificultades para hablar o escribir, pero comprenden relativamente bien frases simples.

## **1.2. El papel del hemisferio derecho en el procesamiento del lenguaje**

Freud, en contra de las tendencias del pensamiento dominante, propuso que **las palabras se almacenan, junto con sus rasgos asociativos semánticos, en amplias zonas corticales, en varias áreas de ambos hemisferios cerebrales.** Son muchos los **autores que han defendido la participación del hemisferio no dominante en el procesamiento del lenguaje** (Rosell Clari, 2005). Ardila (2003) plantea que las **lesiones frontales derechas en el área homóloga al área de Broca se asocian con velocidad aumentada en la producción del habla, cambios articulatorios menores como distorsiones y omisiones de fonemas, tartamudez leve o moderada, y algunas dificultades para encontrar palabras.**

**Estudios recientes** proponen un modelo neurobiológico en el que el **procesamiento de las palabras** se realiza a través de “asambleas neuronales corticales” que implican las áreas corticales del lenguaje y las áreas complementarias (Pulvermüller, 1999, 2001, citado en Rosell Clari, 2005). Las áreas secundarias implicadas dependerán de las propiedades semánticas. Una palabra que concurre con un estímulo visual se guardará en la corteza cerebral por medio de fuertes conexiones entre las neuronas de las áreas visuales y las áreas del lenguaje. En cambio, una palabra que se utiliza y percibe conjuntamente con una acción se almacenará con fuertes conexiones en centros corticales utilizados para el control de acciones. Neuronas situadas en ambos hemisferios corticales se relacionan con el control de las acciones y con la percepción de objetos. Ello sugiere que estas áreas sirven como complemento a las áreas del lenguaje en el procesamiento lingüístico. Neininger y Pulvermüller (2003, citado en Rosell Clari, 2005) encontraron resultados consistentes en los que el lóbulo frontal derecho es particularmente pertinente para el procesamiento de verbos de acción, y las áreas temporo-occipitales son especialmente necesarias para procesar los nombres visualmente relacionados.

### **1.3. El papel del cerebelo en el procesamiento del lenguaje**

El cerebelo es considerado, generalmente, como un sistema neuronal encargado de regular el movimiento con acciones muy bien definidas sobre la coordinación, postura, tono y control de los movimientos oculares y movimientos finos (Arriada Mendicoa *et al.*, 1999:1075).

Así como el cerebelo interviene en el control de movimientos para hacerlos precisos, es posible que tenga una función semejante en el procesamiento temporal del lenguaje con la representación mental de la estructura de las frases. Los estudios de imagen funcional hechos por Märien *et al.* (2000) han demostrado también datos concretos sobre la relación del cerebelo con los procesos cognitivos relacionados con

el lenguaje. Con técnicas como la RMF, PET y la de flujo sanguíneo cerebral ~~demuestran~~ la participación de estructuras cerebelosas en procesos como la ~~asociación~~ de palabras, cálculos aritméticos mentales, estereognosia y procesos ~~asociativos~~ durante el aprendizaje.

Según Rosell Clari (2005), varios estudios de neuroimagen funcional ~~demuestran~~ que el cerebelo se activa en tareas de selección y producción de palabras, siendo numerosos los estudios que relacionan dificultades en la producción de verbos en contraste con la producción de nombres en sujetos con lesiones isquémicas cerebelosas derechas. Sin embargo, no queda del todo claro si el papel del cerebelo es específico en la generación de verbos o si el cerebelo interviene de forma genérica en la producción de palabras.

Silvieri y Misciagna (2000) proponen que las operaciones morfosintácticas están reguladas por regiones corticales cerebrales hemisféricas izquierdas posteriores y que el cerebelo contralateral tiene la función de controlar los aspectos dinámicos ~~relacionados~~ con el tiempo y la velocidad de producción del lenguaje. Leiner *et al.* (1993) proponen la existencia de una activación simultánea de las regiones ~~inferolaterales~~ del cerebelo con el área 45 de Broca para la modulación del lenguaje.

### *1.3.1. Estructuras cerebrales y función lingüística*

Desde un punto de vista lingüístico, se podría dividir el lenguaje al menos en **tres niveles** abstractos distintos de procesamiento: el nivel fonológico, en donde se ~~verifican~~ las diferentes sucesiones de los sonidos propios de una lengua; el nivel **sintáctico**, en donde se combinan las palabras formando las estructuras jerárquicas **apropiadas**; y el nivel semántico, en donde el significado de la frase se computa con **base en el significado** de cada elemento léxico. Se han realizado numerosos estudios ~~de neuroimagen~~ que han tratado de delimitar si estos tres niveles de representación ~~lingüística se correlacionan~~ con áreas cerebrales distintas (Rosell Clari, 2005:56).

**Palmer et al. (2001)** compararon las imágenes obtenidas a través de la RMF, **en una tarea basada** en la técnica de potenciales relacionados a eventos, en la que **10 sujetos normales** tenían que generar palabras en función de una raíz de tres letras **presentadas** visualmente. Los sujetos tenían que producir la palabra oralmente o **silenciosamente** (sin mover los labios), minimizando los movimientos de cabeza en **ambas** condiciones. La cuantificación de la posición de la cabeza reveló que los **sujetos** se movieron mínimamente, incluso cuando no hablaron. El ruido<sup>4</sup> asociado a **la tarea** en voz alta se presentaba principalmente en la región baja del cerebro y los **autores** lo interpretaron como consecuencia de los cambios en el aparato vocal **durante** la producción de la palabra. Sin embargo, este ruido se producía principalmente en el primer corte posterior a la presentación del estímulo y muy poco en los sucesivos, por lo que las imágenes eran relativamente libres de artefacto<sup>5</sup>.

Durante la tarea de respuesta silenciosa, se activó una serie de áreas que eran un subconjunto de las áreas activadas en la tarea de producción oral. Las áreas que se activaron en la tarea silenciosa fueron el área de Broca bilateral, el giro frontal inferior bilateral, el giro fusiforme izquierdo y el cerebelo lateral derecho. Las áreas **adicionales** que se activaron en la tarea de producción oral generalmente incluyeron **regiones** asociadas con la actividad motora: la corteza motora primaria bilateral y el **cerebelo** medio. Estos autores concluyen que los métodos de potenciales eventos **relacionados** son útiles para estudiar el lenguaje en voz alta en técnicas de RMF y que **la adquisición** de imágenes relativamente libres de artefacto del cerebro entero **representa** un adelanto significativo en el uso de la RMF para estudiar los **mecanismos** cerebrales subyacentes en la cognición.

---

<sup>4</sup> Se entiende por *ruido* en resonancia magnética funcional a una señal parásita en las que los **componentes de la señal** son producidos aleatoriamente por corrientes que fluctúan la señal por **causa de la antena** receptora o por causa de los pacientes si contienen piezas metálicas, como **aparatos en los dientes**, por ejemplo.

<sup>5</sup> Un **artefacto** es considerado como una imagen falsa determinada por los movimientos del **paciente o por problemas** del equipo (Botajér, 2004:782)

**Rosell Clari (2005)** expone los diferentes trabajos que utilizan los potenciales **cerebrales** relacionados a eventos para señalar la aparición de una onda negativa **sostenida en** la región frontal izquierda durante el procesamiento del lenguaje.

#### **1.4. Modelos cerebrales del lenguaje**

Alexander Luria, a partir de las ideas planteadas por Vygotsky y por Anhojin sobre los sistemas funcionales, planteó que la actividad mental tiene lugar con el trabajo concertado de distintas estructuras cerebrales, y que conforman sistemas funcionales complejos que actúan como un todo. Luria plantea esencialmente que los procesos mentales no están localizados, sino que son posibilitados por la integración de distintas estructuras que actúan concertadamente conformando sistemas (Luria, 1974, 1979). Este autor divide los sistemas funcionales en tres: el primero de ellos es el que regula el tono, la vigilia, los niveles de conciencia y estados mentales. El segundo sistema recibe, analiza y almacena la información que proviene del medio interno y externo, comprende las regiones posteriores del cerebro, y su organización es jerárquica. El tercer sistema posibilita la programación, regulación y verificación **de la acción**, y se ubica en las regiones frontales del cerebro.

Marsel Mesulam (1990) propone un modelo en el que el lenguaje, al igual que **otras** funciones complejas, dependería de una red neuronal a gran escala compuesta, a su vez, por redes locales separadas e interconectadas. En esta red hay dos núcleos **anatómicos**, el área de Wernicke y el área de Broca, pero los complejos aspectos del **lenguaje** requieren interacción entre regiones nodales y otras regiones cerebrales. El **área de Broca** es entendida como la región cuya lesión produce afasia de Broca, **incluirla el** córtex premotor (áreas 44 y 6) y el córtex heteromodal prefrontal (áreas 45, 47, 12). Estas áreas son vistas como el polo sintáctico-articulatorio de la red **neuronal del lenguaje** y constituye un nódulo para la transformación de las **representaciones neuronales** de las palabras (originadas en el área de Wernicke y en **otras regiones cerebrales**) en las correspondientes secuencias articulatorias. Por ello,

se podría decir que el papel del área de Broca no se limitaría a la secuenciación de los fonemas, morfemas e inflexiones en las palabras (componente articulatorio), sino que también actuaría secuenciando las palabras en frases (componente sintáctico) y por lo tanto sobre el significado. El área de Broca está vinculada con el hecho de que las palabras se ordenen y pronuncien de la forma más apropiada para su significado.

El área de Wernicke está representada por una región más amplia que el tercio posterior del giro temporal superior añadiendo las partes adyacentes de las áreas heteromodales 37, 39 y 40. Esta sería la localización común del síndrome de la afasia de Wernicke, la cual afecta tanto al lenguaje oral como al escrito. La representa el polo semántico-léxico de la red del lenguaje y permite el acceso a la información sobre la relación sonido-palabra-significado, constituyendo una vía final común para la transformación de los pensamientos en palabras con significado.

Para Mesulam no existe una secuencialidad entre las áreas de Wernicke y de Broca. A partir de observaciones procedentes de registros fisiológicos, sostiene que ambas áreas se activan simultáneamente durante ciertas tareas del lenguaje. Es decir, la selección de palabras probablemente ocurre simultáneamente con la programación anticipada de la sintaxis y la articulación. La estructura gramatical influiría sobre la selección de las palabras, así como esta selección influiría sobre la sintaxis. Por tanto, el resultado final no es la suma de las operaciones secuencialmente realizadas en el área de Wernicke y en el área de Broca. No habría centros para la comprensión, la articulación y la gramática, sino una red neural distribuida, en la que núcleos relativamente especializados trabajan de forma concertada. Además, los dos mayores núcleos, las áreas de Wernicke y de Broca, no solo participan en la red neural del lenguaje hablado, sino que forman parte también de los sistemas neuronales para la prosa, escritura, lectura o memoria verbal. Según Mesulam, al hablar de la representación cerebral del lenguaje, las dicotomías expresión/recepción, motor/sensorial y sintaxis/semántica deben entenderse como conceptos relativos, más que absolutos.

**Damasio y Damasio (1992) proponen un modelo de la organización del lenguaje en el que el sustrato neural para el procesamiento del lenguaje dependería de diversos sistemas que interaccionan influyéndose mutuamente. Estos sistemas serían el sistema perisilviano anterior, el sistema perisilviano posterior, el fascículo arqueado, el córtex temporal anterior izquierdo, el córtex frontal medial y los núcleos subcorticales.**

El sistema perisilviano anterior está formado por las estructuras cuya lesión produce la verdadera afasia de Broca. Estas estructuras incluyen las áreas 44 y 45, el córtex lateral adyacente (partes de las áreas 6, 8, 9, 10 y 46), así como a la sustancia blanca subyacente. Sería un sistema asociado a los aspectos relacionales del lenguaje, los cuales incluyen la estructura gramatical de las frases y el uso apropiado de los morfemas gramaticales y verbos, proporcionando la mecánica que conjunta los elementos que componen las frases. Las lesiones en este sistema producen una drástica alteración en la fluencia, con una producción distorsionada. Hay un uso **inapropiado** o inexistente de preposiciones, conjunciones, verbos auxiliares, etc. Al mismo tiempo los pacientes tienen dificultades para entender el significado que **transmiten** las estructuras sintácticas.

El sistema perisilviano posterior incluye al área de Wernicke, así como a **numerosas** áreas corticales de diferentes modalidades y jerarquías distribuidas por **todo el cerebro**. Aunque la lesión del área de Wernicke altera la comprensión **auditiva**, esta área no es considerada como el centro en el que se realiza la **comprensión** auditiva. La alteración de la comprensión no se debe a que se haya **destruido el** centro de almacenamiento de los significados de las palabras, sino a que **se ve alterado** el análisis acústico de las formas léxicas. La comprensión auditiva en sí **mismo es un paso** posterior en la cadena de eventos iniciada en el área de Wernicke y **solo se produce** cuando se activan y seleccionan los conceptos asociados con los **registros de las palabras**. El área de Wernicke no se considera un centro para la

**selección de las palabras**, ya que, una vez que una palabra es seleccionada para su **posible uso en** una expresión, el área de Wernicke forma parte de una red requerida **para implementar** los sonidos que constituyen la palabra en forma de una **representación** auditiva interna o de una vocalización.

En el modelo de Damasio y Damasio (1992), el fascículo arqueado es visto **como un sistema de conexiones** que une el córtex temporal, parietal y frontal **bidireccionalmente**, discurriendo por debajo del giro angular y supramarginal. La **lesión en este sistema** se relacionó inicialmente con la afasia de conducción aunque, según estos autores, no hay evidencias de que esta afasia pueda ser producida por una **lesión que afecte exclusivamente** a la sustancia blanca. El fascículo arqueado formaría parte de la red necesaria para ensamblar fonemas en morfemas, una **operación necesaria para la vocalización o la expresión interna** de una palabra.

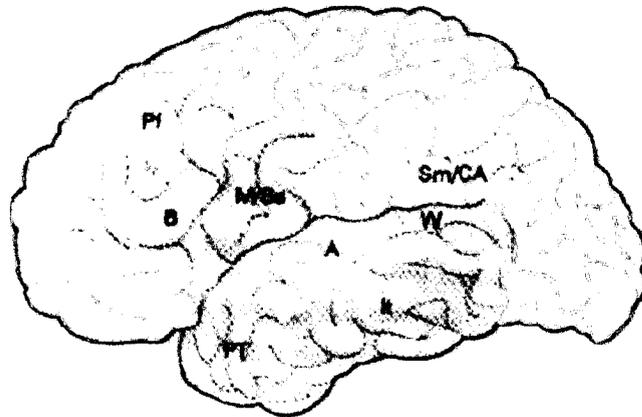
Damasio y Damasio han observado que lesiones en las áreas 21, 20 y 28 o **córtex temporal anterior izquierdo** (que tradicionalmente no se ha relacionado con el **lenguaje**) alteran gravemente la capacidad para recuperar palabras, en ausencia de **dificultades gramaticales y/o fonéticas**. Los sujetos tienen preservados los conceptos **pero son incapaces** de evocar las formas léxicas correspondientes. Cuando la lesión se **circunscribe al polo temporal izquierdo** (área 38), los pacientes tienen dificultades **para recuperar nombres propios** (de un personaje famoso, un amigo, una ciudad). **Cuando la lesión se localiza en las áreas 20 y 21** se puede alterar la recuperación tanto **de nombres propios como comunes**. A partir del hecho de que la dificultad para **producir nombres** puede no distribuirse por igual para todas las categorías **lingüísticas**, Damasio y Damasio (1992) proponen que la corteza temporal anterior **contendría los sistemas neurales** que tienen la clave para acceder a las palabras **relacionadas con objetos, lugares o personas**, pero no a las palabras que expresen las **características de esas entidades** o a sus acciones o relaciones. Esto no significa que los **nombres estén contenidos** en ciertas partes del cerebro, sino que ciertas partes del

**cerebro son necesarias** para que los nombres puedan ser recuperados. El **córtex temporal anterior** es, por tanto, un sistema mediador.

Por su parte, el sistema constituido por el **córtex frontal medial** (que incluye el **área motora suplementaria** y el **giro cingulado anterior**) tiene un papel importante en la **iniciación y mantenimiento del habla**. Su lesión no causa afasia directamente, sino **varios grados de akinesia** (dificultad para iniciar el movimiento) y **mutismo** (ausencia completa del habla que es raramente vista en la afasia, excepto en sus fases iniciales).

Los **núcleos subcorticales** formados por la cabeza del **núcleo caudado izquierdo** y la **sustancia blanca** adyacente en el **brazo anterior** de la **cápsula interna** conforman una región considerada por **Damasio y Damasio (1992)** como esencial para el **procesamiento del lenguaje**. La consideran parte del sistema necesario para el **procesamiento automático de estructuras de frases** frecuentemente usadas.

Otro modelo cerebral del lenguaje es el planteado por **Kandel *et al.* (2001)**. En él se observa una perspectiva más moderna y elaborada de las áreas del lenguaje. Estos autores señalan que las áreas del lenguaje en el hemisferio izquierdo tienen tres **sistemas funcionales**: el sistema de **ejecución**, el sistema de **mediación** y el sistema **conceptual**. El primero de ellos lo forman varias regiones localizadas alrededor de la **cisura de Silvio izquierda** (o **perisilvianas**) y comprenden las áreas clásicas del **lenguaje** (área de **Broca** y área de **Wernicke**), así como la **circunvolución supramarginal** adyacente, la **circunvolución angular**, la **corteza auditiva**, la **corteza motora** y la **corteza somatosensitiva**. El componente posterior del área de **Wernicke** y el **componente anterior** del área de **Broca** están conectados entre sí por el **fascículo longitudinal superior** del cerebro. El sistema de **mediación** rodea el sistema de **ejecución como cinturón**. Las regiones localizadas hasta ahora se ubican en el **polo temporal izquierdo** y la **corteza inferotemporal izquierda**. El complejo de los **ganglios basales izquierdo** es una parte integral del sistema de **ejecución del lenguaje** (Cf. **Figura 4**).



**Figura 4.** Áreas relacionadas con el lenguaje. B (área de Broca), W (área de Wernicke), Sm (circunvolución supramarginal adyacente), CA (circunvolución angular), A (corteza auditiva), M (la corteza motora), Ss (la corteza somatosensitiva), áreas azules (sistema de mediación rodea el sistema de ejecución como cinturón), PT (polo temporal izquierdo), PI (corteza inferotemporal izquierda). Tomado de Principios de Neurociencia (Kandel *et al.*, 2001).

A manera de resumen, podemos decir que los modelos analizados amplían la idea de que las zonas definidas por los modelos clásicos no son las únicas encargadas del lenguaje, y plantean complejos sistemas de redes neuronales que poseen un **altísimo** grado de interconexión, mucho más complejo y más extenso de lo que se creía con respecto a los primeros estudios.

### 1.5. Las afasias

Después de presentar un conocimiento básico sobre el cerebro, es necesario **conocer** uno de los trastornos neurológicos que tienen relación con el lenguaje: las **afasias**. Son estas un tipo de trastorno que se da a partir de un estado anormal **duradero** producto de una enfermedad cerebrovascular –en la mayoría de casos–, **apoplejía**, accidente traumático o un tumor en el cerebro.

**En principio**, el término *afasia* fue acuñado en el año 1864 por el médico francés **Armand Trousseau**. Significa falta de comunicación por el lenguaje y

**proviene de a-** 'falta' y **-phasia** 'palabra'. Se trata, según la definición de Trousseau (citado en Voos *et al.*, 2007) "de un estado patológico producto de un accidente cerebrovascular que consiste en la pérdida completa o incompleta de la facultad de la **palabra**, con conservación de la inteligencia y de la integridad de los órganos de la **fonación**". La afasia suele ocurrir repentinamente, a menudo como el resultado de un **accidente cerebrovascular** o traumatismo **encefalocraneano**, pero también se puede **desarrollar** lentamente, como en el caso de un tumor cerebral (Martínez Sánchez, 2008). Esta definición excluye del cuadro de las afasias las perturbaciones de la función del lenguaje que dependen de una desorganización global del funcionamiento cerebral (confusión mental, o deterioro del cerebro a causa de la edad); excluye, igualmente, las dificultades de comunicación que resultan de la alteración de los instrumentos sensoriales (sordera, ceguera) o motores (disartria, hemiplejia) que intervienen normalmente en la percepción y producción del habla.

La afasia es, en suma, una reducción o privación que afecta al procesamiento lingüístico verbal y no verbal. Se trata de una afección compleja, pluriforme y **multimodal** que, a pesar de comprometer parámetros lingüísticos comunes, se **individualiza** de forma tal que es raramente homologable de un paciente a otro. Según Borregón Sanz y González Calvo (2001), la afasia en cada paciente es tan **diferente** que en el aspecto estrictamente neurológico, y más concretamente en su **vertiente** topográfica, puede darse con aparente contradicción una **inamovilidad anatómica** de la lesión junto con una evolución psicolingüística y/o motora positiva. Estos hechos le permiten a Borregón Sanz y González Calvo (2001) afirmar que **nunca** dos sujetos afásicos van a presentar un comportamiento lingüístico idéntico a **pesar de** que la lesión, topográficamente, afecte una misma área cerebral.

Los estudios iniciales de las afasias proporcionaron grandes descubrimientos sobre la **base nerviosa** del procesamiento del lenguaje. En primer lugar, surgió la idea de que **en la mayoría** de individuos el lenguaje depende principalmente de las **estructuras del hemisferio izquierdo**, más que de las del hemisferio derecho. En

**segundo lugar, el estudio temprano de la afasia** mostró que la lesión de una de las dos **áreas corticales** (ya sea en la región frontal lateral o en el lóbulo temporal **posterossuperior**) se asociaba a un déficit del lenguaje. Las dos zonas corticales son el **área de Broca** y el **área de Wernicke**.

Pero a medida que pasaron los años, las herramientas diagnósticas mejoraron para la detección de los sitios del daño cerebral; poco a poco los métodos de neurodiagnóstico anatómico como los de neuroimagen, específicamente métodos funcionales como la magnetoencefalografía, RMF, PET, SPET, entre otros, han permitido la ubicación de las lesiones cerebrales con más exactitud.

Hay varios tipos de afasia, dependiendo de la ubicación y extensión del daño cerebral. En general, las manifestaciones tomadas en cuenta de manera más recurrente para clasificar a los pacientes según los tipos distintos de afasia han sido la fluidez, la construcción sintáctica, la capacidad de repetición, la denominación y las diferentes etapas de la comprensión audioverbal. Es por ello que Flores Ávalos (2002) dice que, en términos descriptivos muy generales y superficiales, pueden dividirse en afasias fluidas (o fluentes) y no fluidas, ya que reflejan una posición dicotómica pero no hacen referencia en absoluto ni a la fisiopatología ni a la **disrupción lingüística**.

Por su parte, el grupo de Boston propone que el habla está situada en una zona **central** de la región perisilviana izquierda y que, partiendo de esto, las llamadas **afasias perisilvianas** la conforman la afasia de Broca, la afasia de Wernicke y la afasia **de conducción**. En la primera, hay una desautomatización motora y alteraciones **gramaticales** con un lenguaje telegráfico. En la segunda, una incapacidad para **reconocer** los sonidos del lenguaje acompañada de jergafasia. En la de conducción hay **problemas** con el lenguaje repetitivo, conservando la comprensión por una **supuesta desconexión** de las áreas de Broca y Wernicke (Flores Ávalos, 2002).

Ardila (2006:11) presenta un cuadro contrastivo de las clasificaciones más aceptadas y utilizadas que describen el trastorno afásico desde distintas visiones, entre las cuales se encuentran la de Luria (1966), la de Benson y Geschwind (1971), Hécaen y Albert (1978), Kertesz (1979), Benson (1979) y Lecours *et al.* (1983) (citados en Ardila, 2006).

Tabla 1. Principales clasificaciones de las afasias (Ardila, 2006:11)

Luria 1966	Benson & Geschwind 1971	Hécaen & Albert 1978	Kertesz 1979	Benson 1979	Lecours et al. 1983
Motora eferente	Broca	Agramática	Broca	Broca	Broca
Sensorial	Wernicke	Sensorial	Wernicke	Wernicke	Wernicke Tipo I
Motora aferente	Conducción	Conducción	Conducción	Conducción	Conducción
Dinámica	Transcortical motora	Transcortical motora	Transcortical motora	Transcortical motora	Aspontaneidad motora
---	Transcortical sensorial	Transcortical sensorial	Transcortical sensorial	Transcortical sensorial	Wernicke Tipo II
---	Aislamiento área lenguaje	Aislamiento	Transcortical mixta	---	
Semántica Anémica Anémica	Anémica	Amnésica	Anémica	Anémica	Amnésica
---	Global	---	Global	Global	---
---	Afemia	Motora pura	---	Afemia	Anartria pura

La afasia de Broca, como se ha venido diciendo, es una lesión que se sitúa en el área de Broca con extensión en cierto grado a lo largo de la cisura de Silvio. La naturaleza de los síntomas ha llevado a que también se denomine afasia expresiva o motora. En general, el lenguaje se caracteriza por una grave deficiencia de fluidez, por ser lento, trabajoso, dubitativo, a menudo se pronuncia una sílaba cada vez y hay gran dificultad en la articulación y perturbación de los rasgos suprasegmentales. Las operaciones lingüísticas son breves y la producción se reduce a un estilo telegráfico, con una utilización limitada de los procesos normales de construcción gramatical. A menudo se repiten palabras individuales, la comprensión del lenguaje cotidiano es casi normal (Crystal, 1994).

### **1.7. Los procesos de percepción y producción del lenguaje vistos a través de las técnicas imagenológicas**

El cerebro humano genera tantas interrogantes que se han desarrollado técnicas imagenológicas que permitan ver lo que sucede en tiempo real al aplicarle estímulos sensoriales, motores o cognitivos a un individuo (Cf. Vendrell *et al.*, 1995). Estas técnicas imagenológicas pueden ser con radiación, como por ejemplo la tomografía computarizada (TC), la tomografía axial computarizada (TAC), la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía de fotón único (SPET); y también las no radiológicas, como la resonancia magnética (RM), la resonancia magnética funcional (RMF) y la electroencefalografía (EEG).

El PET es una técnica imagenológica invasiva, asistida por una computadora, y pertenece a la familia de las gammagrafías, en la que se emplean isótopos radiactivos de elementos químicos constitutivos de la materia orgánica: Carbono 11, Nitrógeno 13, Oxígeno 15, Fósforo 18. Estas sustancias, una vez introducidas en el cuerpo, ofrecen información metabólica porque son rápidamente captadas y metabolizadas por las neuronas, mostrando con colores (que van desde el amarillo al rojo) las zonas que tienen mayor activación metabólica y (con colores que van desde el verde al azul) las que menos actividad presentan. Varios estudios sobre la percepción y producción del habla se han hecho usando esta técnica. Mummery *et al.* (1999) desarrollaron una investigación en la que se pretendió estudiar la activación del cerebro durante tareas lingüísticas. El análisis consistió en relacionar los cambios en la actividad local de los tejidos neuronales con el tipo de estímulos (estímulos verbales versus estímulos no verbales o ruido) y su tasa de presentación. Así, la actividad local se integró más de 30 seg (que fue la resolución temporal de la técnica utilizada), que corresponde a la suma de las transmisiones nerviosas que se producen en respuesta a cada estímulo. Los estímulos se iniciaron 15 seg antes de la llegada del trazador en el cerebro, y continuó durante 15 seg después de que el

**trastorno llegara al cerebro. Se presentaron durante la PET doce estímulos (seis correspondientes a estímulos verbales y seis correspondientes a estímulos no verbales o ruidos). Estos estímulos fueron presentados al azar durante los 30 seg que duró la prueba. En la exploración, los sujetos normales oyeron los estímulos (verbales o ruidos), durante el tiempo de la prueba.**

Moro *et al.* (2001) desarrollaron una investigación en la que participaron once sujetos italianos sin trastornos neurológicos que tenían que detectar los errores que se producían en cada tipo de estímulo. A estos sujetos se les aplicó tres tipos de estímulos: uno que estaba formado por pseudofrases contentivas de pseudopalabras y palabras funcionales a las que se les alteraba el orden en el interior de la frase manteniendo la concordancia y las reglas fonológicas; otro en el que el estímulo se hacía a partir de alteraciones a nivel morfológico manteniendo el orden de las palabras y pseudopalabras así como la fonología; y el tercer estímulo consistía en alterar la fonología, modificando las reglas de combinación de sonidos, pero se mantuvo la concordancia y el orden de las palabras en el interior de la pseudofrase. Para este estudio se contrastaron las imágenes obtenidas con PET en función de cada uno de los estímulos, lo que dio como resultado, en primer lugar, que las tres condiciones experimentales presentaban una red neural común en el que se incluyeron activaciones en el área de Broca, el lóbulo parietal inferior izquierdo, el cuneus y el giro medio occipital izquierdo, incluyendo activaciones bilaterales en el lóbulo parietal superior, el precuneus, el giro fusiforme, el cerebelo y el vermis cerebelar. En segundo lugar, se observaron activaciones comunes para las condiciones sintácticas y morfosintácticas, comparadas con la condición fonológica, en la parte profunda frontal del sulcus redondo, en la zona izquierda inferior del giro frontal y en el homólogo derecho del área de Broca. Estos autores sugieren que el procesamiento de las capacidades sintácticas se produce en varias áreas cerebrales; defienden la idea de que se produce en un sistema integrado que involucra las zonas corticales izquierdas, las áreas derechas, así como porciones de los ganglios basales y el cerebelo. La falta de un completo solapamiento entre las áreas activadas en las

**tasas morfológicas** y sintácticas encaja bien con la distinción lingüística, aunque se **necesita un mayor** trabajo experimental para clarificar esta cuestión.

Otros estudios sobre la activación cerebral durante la percepción y producción **del habla** se han hecho utilizando la resonancia magnética funcional (RMF). Esta **técnica** tiene como base un equipo de resonancia magnética (RM), en el que se **somete** al sujeto a un campo magnético fuerte y estático, donde las moléculas de agua actúan como imanes y comienzan a girar, aplicándoseles entonces un pulso de radiofrecuencia oblicuo al campo magnético. Cuando el pulso cesa, las moléculas de agua se realinean con el campo magnético para después volver al estado inicial. Estos movimientos generan un campo magnético alrededor de cada núcleo atómico, especialmente los átomos que poseen un número impar de protones y neutrones. En estos predominan las cargas positivas y, en consecuencia, adquieren mayor actividad magnética. Se podrían ejemplificar estos movimientos de manera más sencilla si hacemos referencia a un trompo que gira alrededor de su eje y precesa alrededor del **eje gravitatorio**; esa precesión varía básicamente con el tiempo, hasta que cesa **completamente** volviendo al estado de reposo, lo que va a permitir ver el proceso **físico** que ocurre en el cuerpo para que se produzca una imagen por resonancia **magnética (RM)**. Luego la información es decodificada en un computador con un **software** encargado de que la señal electromagnética se convierta en pixeles y voxels y **después** en imágenes, para tener finalmente una estructura anatómica con diferentes **tipos de grises, blancos y negros**. El equipo de resonancia magnética funcional (RMF), además de la imagen anatómica o estructural que se adquiere en la resonancia **magnética común**, tiene la característica de permitir la observación de las funciones **biológicas y metabólicas** de las estructuras analizadas (Cf. Huettel, 2010; Snell, 2007; Ogawa *et al.*, 1990). El objetivo de esta técnica es entonces localizar las funciones **cerebrales** a través de la activación de ciertas zonas cerebrales. La expresión **activación cerebral** se refiere a los rápidos y constantes cambios bioquímicos y **biofísicos de las neuronas**, asociados con variaciones en la actividad cerebral focal o global. Esta **técnica** ha sido de amplia aceptación, ya que tiene una resolución

**temporal y espacial** mayor que la de otras técnicas imagenológicas. Además, otra de **las ventajas de esta técnica** es que no es invasiva.

En la actualidad existen cuatro modalidades de resonancia magnética **funcional** con las que se puede dar información funcional del cerebro (Rojas, 2010):

- De Oxigenación-Nivel-Dependiente (OND) o secuencias BOLD, por sus **siglas en inglés, *Blood Oxigenation Level Dependent***.

- Técnicas de Difusión (mapas de difusión, tensores de difusión y tractografía por difusión).

- Técnicas de Perfusión (se pueden realizar con uso de contraste exógeno o contraste endógeno).

- Espectroscopía: actualmente algunos autores integran a la espectroscopia como una secuencia funcional, la que ofrece información de tipo metabólico y del desplazamiento químico de las moléculas.

En nuestra investigación se trabajó con la primera de ellas, OND o BOLD. **Esta técnica** permite identificar cambios y mapear respuestas neurofisiológicas ante **estímulos cognitivos, sensoriales y motores**. En este caso se toma como base la **resonancia magnética funcional** aplicando la secuencia de BOLD que se sustenta en **la detección** de los cambios locales que suceden en la oxigenación y el flujo **sanguíneo cerebral**, en respuesta a la actividad neuronal (Cf. Deus Yela y Baquero, 2005). Según Rojas (2010:23), el cerebro, en circunstancias fisiológicas normales, **está reaccionando** perennemente a impulsos o señales internas y externas; esto **permite** dar cuenta de la activación del cerebro y de los cambios locales en el flujo **sanguíneo** regional en áreas específicas del cerebro de acuerdo con la tarea o **actividad** que se esté realizando. Para que estos cambios se lleven a cabo, el cerebro **consume más** oxígeno; satisfaciendo el aumento de la demanda de oxígeno e **incrementando** el flujo sanguíneo a la zona activada localmente.

**Houn et al. (2001)** presentaron una investigación que tuvo como objetivo primordial comparar la activación cerebral asociada a la codificación y a la recuperación de palabras en un grupo de doce voluntarios diestros sin enfermedades neurológicas ni psiquiátricas (siete varones y cinco mujeres) con edades comprendidas entre 22 y 35 años. Estos informantes realizaron dos tareas: en primer lugar realizaron la codificación intencional de las palabras que consistía en el aprendizaje explícito de una lista de 20 palabras; y en segundo lugar, debieron reconocer esas 20 palabras aprendidas mezcladas aleatoriamente con otras 20 palabras distractoras nuevas. Se utilizó como técnica imagenológica la resonancia magnética (RM) con la técnica BOLD. Durante la codificación se logró observar que en algunos sujetos se activó la circunvolución precentral izquierda y el área motora suplementaria, la circunvolución frontal inferior izquierda –incluida dentro del área de Broca– y la corteza temporo-occipital izquierda. Durante el reconocimiento de las palabras comparado con la condición de reposo, se activó la circunvolución frontal inferior izquierda, la circunvolución precentral, la corteza temporal superior izquierda, la corteza de asociación parietal izquierda y la corteza occipital. Los datos arrojados muestran una activación del área motora suplementaria, la circunvolución frontal inferior izquierda y la zona de unión temporo-occipital izquierda. Todas estas activaciones sirvieron para dar cuenta de que existe activación de distintas zonas cerebrales durante la ejecución de la misma tarea. Este hecho ha permitido contrastar con otros autores el hecho de que cada cerebro es un complejo universo de posibilidades, y que si bien se podrían indicar las áreas de asociación que se activan con mayor frecuencia, es muy difícil determinar sus límites, del mismo modo localizar una tarea lingüística como medio único de activación de ciertas áreas cerebrales.

Por su parte, **Álvarez Linares et al. (2002)** hicieron un estudio que tuvo como objetivo analizar y comparar tres tareas lingüísticas: la repetición, la fluidez fonológica y la decisión léxica, con el fin de identificar el hemisferio dominante para el lenguaje, analizando el flujo sanguíneo cerebral durante la aplicación de las

pruebas antes mencionadas, usando un equipo de RMF. Los informantes fueron diez sujetos sanos, sin antecedentes neurológicos ni psiquiátricos, con edades comprendidas entre 22 y 40 años, cinco mujeres y cinco varones, todos diestros. Para realizar el estudio funcional se alternaron periodos de activación con periodos de reposo<sup>6</sup> y se adquirieron las imágenes con la técnica BOLD. En la primera tarea, se le pidió al sujeto que repitiera palabras durante los tres periodos de activación; todas las palabras eran abstractas con el fin de evitar su imaginabilidad. La tarea de fluidez de palabras consistió en pedirle al sujeto, durante los tres periodos de activación analizados, que dijera todas las palabras que se le ocurrieran pero que empezaran con una determinada letra. Para esta investigación los autores usaron la “f” durante el primer periodo, la “a” para el segundo, y para el tercero la “s”. En la tarea de decisión léxica, se les pidió a los sujetos que indicaran si un estímulo emitido por el examinador era una palabra real –y en ese caso debía levantar un dedo de la mano derecha– o era una palabra inventada –entonces levantaba un dedo de la mano izquierda. La prueba contenía el mismo número de palabras que de pseudopalabras, las cuales se derivaban de las palabras al cambiar uno o más sonidos, pero conservando las reglas ortotácticas y fonotácticas. Los resultados de esta investigación arrojaron que la tarea de fluidez fue la que tuvo mayor lateralización de manera global. Durante la tarea de repetición de palabras se observó mínima lateralización y durante la prueba de decisión léxica se observó una lateralización significativa. Cuando estos autores analizaron exclusivamente los lóbulos frontales, la tarea en la que parece haber una mayor lateralización es en la de fluidez fonológica, la zona activada en todos los sujetos al realizar esta tarea fue el lóbulo frontal. En la tarea de decisión léxica se mostró una menor lateralización y se observó una activación tanto del hemisferio derecho como del izquierdo, específicamente en las áreas temporales y parte del lóbulo frontal, concretamente en el área orbitofrontal, tanto del lado izquierdo como del derecho. Por su parte, en la tarea de repetición no se observó una lateralización clara, dado que en esta tarea se requiere la percepción y

---

<sup>6</sup> Al hablar de este tipo de periodos se hace referencia a lo que se ve en el momento de aplicar el estímulo, y el momento de reposo.

**producción del lenguaje**, por lo que es necesaria la participación tanto del **lóbulo frontal como del lóbulo temporal**.

Conde Espinosa *et al.* (2004) hicieron una investigación para determinar la **dominancia hemisférica** para el lenguaje y el área motora a través de RMF. Para **lograr** ver la dominancia hemisférica se buscó que el sujeto a estudiar realizara la **tarea lingüística** de producir verbos que empezaran con “a” durante tres periodos de 30 seg, lo que implicó la activación de regiones cerebrales relacionadas con dicha tarea en el hemisferio especializado en el procesamiento del material lingüístico. Participaron diez voluntarios sanos, diestros, sin patologías neurológicas. Las imágenes fueron tomadas por un equipo de RMF mediante la técnica BOLD. Los resultados muestran que nueve de los diez individuos presentan dominancia del hemisferio izquierdo, sobre todo en las áreas frontales cercanas al área de Broca, lo que les permitió a los investigadores concluir que la RMF es una alternativa no invasiva para la determinación de la dominancia hemisférica para el lenguaje que no implica ningún tipo de riesgo para el paciente. Es repetible, confiable y de fácil aplicación.

Beretta *et al.* (2003) utilizaron la técnica de RMF para estudiar la activación **neurológica** diferencial de la morfología regular e irregular en el plural nominal y el **tiempo** verbal, igualando en frecuencia de uso los ítems utilizados. En la **investigación** participaron ocho sujetos alemanes a los que se les pidió que, a partir de **estímulos** presentados de manera visual, generaran de manera silenciosa varios **nombres** en plural y verbos a los que les debían agregar el participio pasado. Estos **autores** pretendían ver qué áreas se activaban neuronalmente con respecto a cada **estímulo**, lo que les permitió obtener como resultados principales los siguientes: 1. los **verbos irregulares** presentan una mayor activación cerebral general que los verbos **regulares**; 2. los verbos regulares presentan una mayor lateralización al hemisferio **izquierdo frente** a los verbos irregulares que muestran una activación equilibrada e **incluso con mayores** tendencias hacia la lateralización derecha; 3. se encontraron

notables diferencias en las regiones cerebrales analizadas, presentando mayor activación las formas verbales irregulares que las regulares.

Según estos autores, al haber mayor activación neurológica queda claro que la morfología irregular necesita mayor carga de procesamiento, la aplicación de las reglas de morfología regulares puede que presente menor exigencia de activación que la búsqueda activa de elementos léxicos en la memoria, siendo estos últimos sensibles a la frecuencia y a la especificidad de cada elemento.

Fridriksson y Morrow (2005) desarrollaron una investigación con RMF que tuvo como propósito investigar la activación cortical durante tareas lingüísticas en pacientes afásicos. Los informantes fueron cuatro personas que habían sufrido un accidente cerebrovascular (ACV) en la arteria cerebral media, tres de los cuatro participantes eran hombres y todos eran hablantes nativos del inglés. El tiempo que había transcurrido después del ACV varía entre 12 y 141 meses. Dos tenían afasia de Broca y otros dos presentaban afasia anómica. Además se usó un grupo control compuesto por la misma cantidad de informantes sin ningún tipo de trastorno neurológico que coinciden con el grupo afectado en edad, sexo y educación. Los estímulos fueron fotos identificadas con palabras y palabras grabadas. El objeto de la tarea era determinar si una imagen que se presentaba en una pantalla coincidía con las palabras que escuchaban mientras tenían unos audífonos simultáneamente. Esta tarea dio como resultado una mayor activación cortical en tres de las cuatro personas con afasia en relación a la extensión e intensidad de la activación. Principalmente la activación cortical fue unilateral –hacia el hemisferio izquierdo–, independientemente de la dificultad de la tarea. La activación bilateral se observó en los informantes control, esta activación se encuentra principalmente en el área de Wernicke así como se par en el hemisferio derecho. Los autores concluyen que los datos de esta investigación permiten ver que hay mayor activación cerebral en los sujetos de control que en los afásicos, y que esto puede deberse al nivel de procesamiento

**cerebral, pero que no pueden determinar por qué se encontraron una diferencia tan marcada en la activación cerebral en los dos grupos.**

**Autores como Bohland y Guenther (2006) ofrecen datos relativos a la organización de la producción del habla en la corteza cerebral partiendo de estudios hechos con imágenes obtenidas a través de RMF durante la producción de secuencias silábicas complejas. Los investigadores encuentran una fuerte participación del córtex sensoriomotor primario (área de Broca). Según sus resultados, durante la producción del habla se activan, en distinto grado, el surco frontal inferior y el córtex parietal posterior, así como regiones bilaterales en la ínsula anterior y el opérculo frontal, el ganglio basal, el tálamo y el cerebelo. Estas áreas, sugieren Bohland y Guenther (2006), están asociadas con el distinto grado de complejidad estructural de distintas sílabas en el habla.**

**Por su parte, Ackermann y Riecker (2004), a través de RMF, y Ackermann, Mathiak *et al.* (2007), a través de PET, han observado la participación de la ínsula en la actividad motora relacionada con la producción del habla. La ínsula parece apoyar el patrón temporoespacial de inervación de los músculos del tracto vocal durante la expresión verbal, más bien que las funciones prearticulatorias del control motor del habla como el programa o la planificación de gestos vocales. Ackermann, Mathiak *et al.* (2007) añaden, además, que el área de Broca no muestra ninguna reacción significativa durante ambos estudios.**

**Por otra parte, Ortiz Siordia *et al.* (2008) realizaron una investigación teórica en la que se pretendió elaborar modelos topográficos de activación cerebral relacionada a los procesos de lectura silenciosa y repetición de sílabas, apoyándose en investigaciones hechas con tres tipos de técnicas imagenológicas: la Magnetoencefalografía (MEG) y la RMF. Dan cuenta de que en varias investigaciones que analizan la lectura silenciosa a través de la MEG han mostrado como resultado que las palabras semánticamente conocidas evocan una respuesta**

perceptiblemente más débil que las palabras incorrectas o desconocidas. Estos autores dicen también que mediante los estudios de RMF se ha podido demostrar que las zonas que se activan durante la repetición de sílabas son el giro supratemporal, la región precentral de la corteza motora y premotora izquierda, el putamen de la región de los ganglios basales y parte del cerebelo en forma bilateral y el lóbulo frontal. Ortiz Siordia *et al* (2008) concluyen que la posibilidad de registrar la actividad del cerebro mediante estudios de neuroimagen como RMF y MEG está determinada por la acción sináptica de la neurona. Los resultados de estos autores muestran que la localización y la sincronización de las áreas que se activan durante los procesos del lenguaje están lateralizadas preferentemente hacia el hemisferio izquierdo e implican áreas corticales y subcorticales.

En resumen, los diferentes avances tecnológicos han posibilitado el estudio de las bases neurológicas de las funciones cognitivas, y por ende han permitido avanzar en el conocimiento de los centros y vías cerebrales implicados en el procesamiento del lenguaje. Técnicas como las de neuroimagen funcional permiten el estudio de la actividad cerebral en vivo mientras se está ejecutando un estímulo para poder comparar qué pasa con cada tarea en el cerebro humano.

## **Capítulo IV**

### **Metodología**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**Esta investigación sobre la activación de áreas corticales durante la percepción y producción del habla es de corte cualitativo y está basada en un estudio de casos. Con ella solo se pretende dar cuenta de lo que sucede en los cerebros de los sujetos que participaron en este estudio durante la percepción y producción del habla.**

## **1. LOS INFORMANTES**

En este estudio participaron voluntariamente cuatro sujetos: dos hombres y dos mujeres con edades comprendidas entre los 30 y 45 años, todos diestros. Los dos hombres presentaban afasia de Broca<sup>7</sup>; las dos mujeres no presentaban antecedentes de trastornos físicos o psíquicos<sup>8</sup>. Todos los participantes tienen estudios universitarios. Se le explicó a cada informante en qué consistía el experimento y las sensaciones que iban a experimentar dentro del equipo de RMF. Del mismo modo, se les comunicó que el estudio pretendía observar las áreas de activación cerebrales mientras hablaban y percibían. Se realizó entonces el proceso de informe sobre el consentimiento que debían dar para usar los datos en esta investigación, en la que se pretende analizar la percepción y producción del habla a nivel cortical.

Para salvaguardar los datos personales de los informantes, se codificó a cada uno de la siguiente manera: los informantes afásicos se identificarán con el código A1 y A2, y las personas sin trastorno llevarán el código B1 y B2.

### **1.1. Referencias clínicas de los informantes afásicos**

El informante A1 es un paciente de 45 años con el sistema neurológico intacto. Comienza con trastornos de palabras tipo tartamudeo, y tiene una progresión rápida hacia trastornos complejos del lenguaje; habla y escribe con dificultad,

---

<sup>7</sup> En el caso de esta investigación solo se contó con hombres afásicos pues eran los pacientes que asisten al servicio de neurología de la Clínica donde se realizó el estudio.

<sup>8</sup> No pudimos contar con hombres sanos que quisieran participar el experimento.

**comprende sin dificultad. Presenta afasia de Broca producto de una enfermedad degenerativa inflamatoria del sistema nervioso de origen desconocido.**

**El informante A2 es un paciente hipertenso, con tratamiento irregular, e ingresa con un hematoma intracraneal intraparenquimatoso capsulo-temporal izquierdo. Fue intervenido quirúrgicamente con craneotomía y drenaje. Presenta afasia de Broca luego de la intervención quirúrgica.**

## 2. EL INSTRUMENTO

Primero se desarrolló una prueba piloto en la que un informante sin trastorno percibía y producía palabras, frases y preguntas de uso cotidiano contenidas en el instrumento. Se comprobó al finalizar la prueba que no hubo registro de activación cerebral durante los procesos de percepción y producción del habla. Por otra parte, al utilizar el mismo instrumento con uno de los informantes afásicos se pudo observar activación cortical y asimismo constatar en las imágenes emitidas por la RMF que el tipo de palabras, frases y oraciones de uso cotidiano las cuales no lograban mostrar activación cerebral. Este primer instrumento constaba de palabras como *carro, casa, bebé, clase*, frases como *ayer llovió, la niña fue a la escuela, voy a la iglesia el domingo* y preguntas como *¿qué día es hoy?* o *¿qué comió hoy?*

A pesar de que ese primer instrumento funcionó con el informante afásico, se decidió diseñar un nuevo instrumento que contuviera palabras, frases y preguntas más complejas (desde el punto de vista de la estructuración silábica y sintáctica, respectivamente), con el fin de generar esfuerzo cognitivo que a su vez requiriera de mayor irrigación sanguínea en el cerebro durante los procesos de percepción y producción del habla. Con este nuevo instrumento se pudo obtener, al aplicarlo a un informante sano y a otro afásico, activación de áreas cerebrales más claramente. Así, el instrumento utilizado en esta investigación cuenta con una batería de 22 palabras, 5

**preguntas y 5 frases.** Las palabras se presentan en una primera parte, y las frases y las **preguntas se** presentan de manera intercalada en una segunda parte.

### **2.1. Primera parte. Palabras**

- **Esternocleidomastoideo**
- **Neumático**
- **Confrontación**
- **Guaicaipuro**
- **Fluctuación**
- **Diéresis**
- **Síndrome**
- **Colecistografía**
- **Némesis**
- **Malabaristas**
- **Pronóstico**
- **Simulacro**
- **Participación**
- **Colonoscopia**
- **Salmonera**
- **Siamesas**
- **Desviación**
- **Colangiografía**
- **Electroencefalograma**
- **Sinlografía**
- **Arteriovenoso**
- **Braquiocefálico**

**Estas palabras** fueron escogidas por tener estructuras silábicas poco frecuentes y **por ser, en muchos casos, términos poco usados o casi desconocidos por los informantes.**

## **2.2. Segunda parte. Frases y preguntas**

**¿Cuál era su juguete preferido cuando era niño?**

**-Las últimas tendencias de la moda reflejan un incremento en el uso de las faldas cortas**

**¿Qué le gusta hacer en su tiempo libre?**

**-Las fluctuaciones en la bolsa de valores apuntan a una crisis económica**

**¿Describa el lugar preferido para ir de vacaciones?**

**-La contaminación sónica es causada por el aumento de los decibeles en las discotecas**

**¿De qué se trataba la última película que fue a ver en el cine?**

**-El Museo de Arte Moderno de El Cairo permanece cerrado mientras continúan las investigaciones por el robo del cuadro "Las amapolas"**

**¿Cuéntenos cuál es su comida preferida?**

**-Los accidentes en aviones en los últimos años han decrecido**

**¿Qué sitio le gustaría conocer y por qué?**

## **3. TÉCNICA IMAGENOLÓGICA Y PROCEDIMIENTO USADOS**

**La técnica imagenológica usada en esta investigación es la resonancia magnética funcional (RMF), que permite, además de la imagen anatómica o estructural que se adquiere en la resonancia magnética común, la observación de las funciones biológicas y metabólicas de las estructuras corporales analizadas. El objetivo de esta técnica es localizar las funciones cerebrales a través de la activación cerebral. Para obtener las imágenes que formarían el corpus de esta investigación se**

ubicó a los informantes en posición supina dentro del aparato de RMF con la cabeza y los miembros proximales sujetos para disminuir los movimientos involuntarios. Se les dio instrucciones para evitar cualquier movimiento involuntario durante todas las mediciones funcionales realizadas con el resonador. Además, se les informó que el equipo hacía una serie de ruidos y que, a pesar de ello, se necesitaba que le prestasen atención a las instrucciones dadas por la investigadora que estaba en la parte de atrás del equipo, mientras el técnico en radiología e imagenología operaba el equipo.

Para empezar con la realización de las tareas, se le pidió a cada informante que en primer lugar produjese las palabras que escucharan, esto en un periodo de tiempo de 3 min con 42 seg. Seguidamente, se le hicieron preguntas (para que las respondieran) intercaladas con las frases que debían repetir.

El equipo utilizado para obtener las imágenes de RMF de todo el cerebro fue un resonador de cuerpo entero de 1,5 Tesla, versión, Phillips Advance Archiva. Para tomar las imágenes se utilizó una secuencia eco- planar (EPI) multicorte axial de 12 cortes (grosor del corte de 5 mm, separación de 1,5 mm, matriz de 64\*64, campo de visión [CDV] de 230\*100 tiempo de eco [TE] de 3:42 ms, ángulo de exploración de 90°, tiempo de adquisición por corte de 6.75 ms). El tiempo de adquisición total para los 24 cortes eran 3 min con 42 seg. Todo el procesamiento posterior de los datos se realizó en una computadora independiente.

#### 4. EL CORPUS

Al final, de las RMF realizadas a los informantes obtuvimos 12 bloques de 12 imágenes cada uno, para un total de 144 imágenes, distribuidos de la siguiente manera: tres bloques de imágenes por el informante A1, tres para el informante A2, tres para el informante B1 y tres bloques de imágenes para el informante B2. Todas estas imágenes constituyen el corpus analizado en este trabajo.

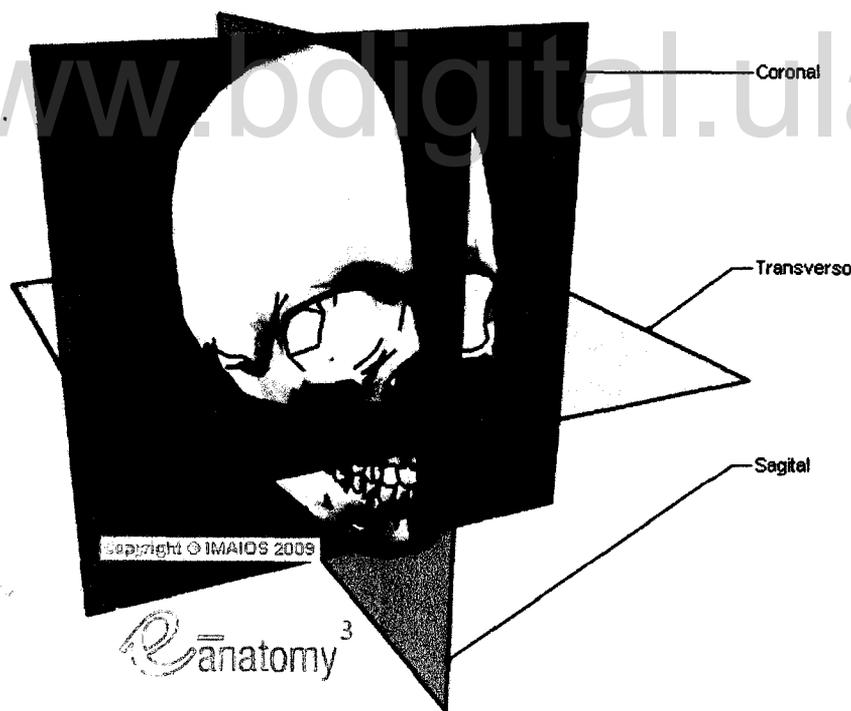
## **Capítulo V**

### **Resultados**

[www.bcdigital.ula.ve](http://www.bcdigital.ula.ve)

A continuación se presentarán las imágenes obtenidas con el equipo de RMF y la descripción anatómica correspondiente de los sitios donde se pudo observar activación cortical durante los procesos de percepción y producción del habla después de haberse aplicado los estímulos lingüísticos a los cuatro informantes<sup>9</sup>.

Para entender las imágenes usadas para este estudio, hay que tener presente que se usó un plano transversal o axial, es decir, se hace un corte axial separando el cuerpo en dos áreas, una superior y otra inferior. Además las imágenes se leen desde lo más inferior como el tallo cerebral, se hacen cortes cada 30 mls hasta llegar a la parte más superior como lóbulo parietal. En seguida encontramos una imagen que muestra gráficamente la ubicación de los planos.



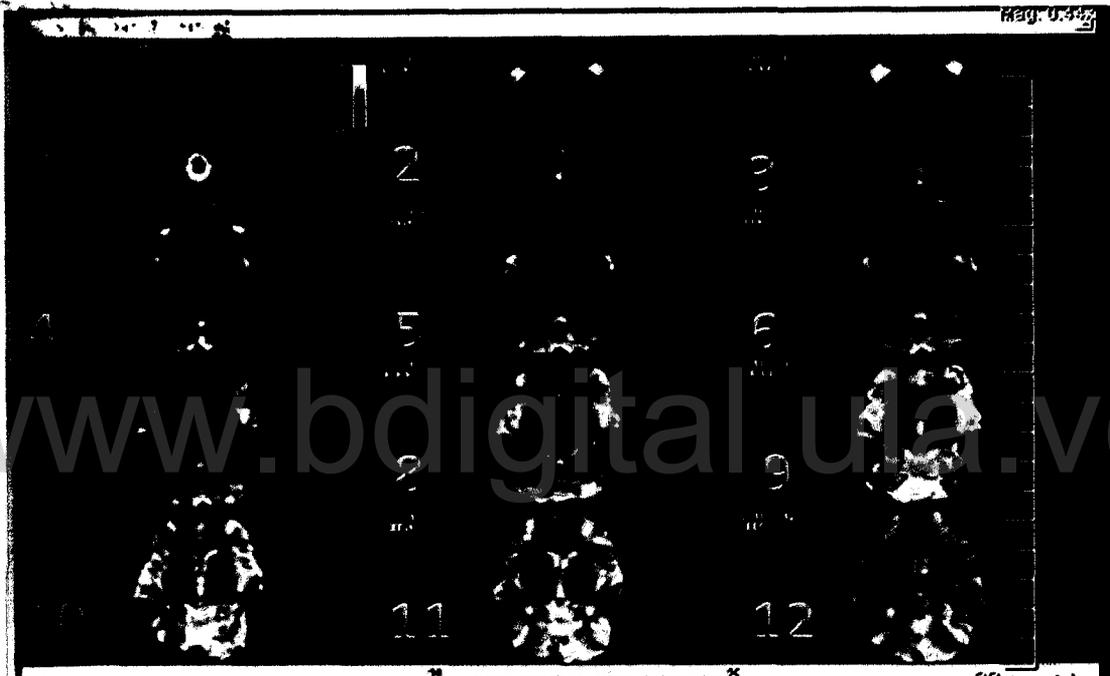
**Figura 5:** planos cerebrales, sagital, transversal o axial y coronal. Extraído de [www.com/es/e-Anatomy/Miembros/Planos-y-movimientos-diagramas](http://www.com/es/e-Anatomy/Miembros/Planos-y-movimientos-diagramas)

<sup>9</sup> Estas imágenes se deben leer de manera inversa, es decir, lo que aparece en el lado izquierdo de las imágenes debe entenderse como lo que sucede en el lado derecho del cuerpo.

## 1. INFORMANTE A1

### 1.1. Procesamiento de palabras

#### Bloque 1. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.



En este bloque se ve activación en la imagen número 1 a nivel del tallo cerebral, en la imagen número 2 hay activación en la parte más posterior del hemisferio cerebeloso izquierdo. En la imagen 3 sigue la activación en la parte posterior y medial del hemisferio cerebeloso izquierdo y derecho, la médula oblonga y el IV ventrículo además de activación del cerebelo en la región paravermiana izquierda, cortical cerebelosa derecha anterior. En la imagen número 4 hay activación cortical cerebelosa derecha anterior. En la imagen 8 la activación se da en la región mesial temporal bilateral. En la imagen 9 se puede ver actividad en el putamen derecho, el ganglio basal, en el frontal y en el opérculo temporal y occipital bilateral. En la imagen 10 se ve activación de la cabeza del núcleo caudado además de dar la impresión de que se está activando el putamen derecho. En la imagen número 11 se

activa el temporal posterior, el ventrículo lateral, el opérculo temporal del lado derecho e izquierdo y en la 12 tenemos activación en la Ínsula del lado Derecho y el parietal derecho.



Bloque 2. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En este bloque se ve activación en la imagen número 1 a nivel del tallo cerebral, en la imagen número 2 hay activación en la parte más posterior del hemisferio cerebeloso izquierdo. En la imagen 3 sigue la activación en la parte posterior y medial del hemisferio cerebeloso izquierdo y derecho, la médula oblonga y el IV ventrículo además de activación del cerebelo en la región paravermiana izquierda, cortical cerebelosa derecha anterior. En la imagen número 4 hay activación cortical cerebelosa derecha anterior. En la imagen 8 la activación se da en la región mesial temporal bilateral. En la imagen 9 se puede ver actividad en el putamen derecho, el ganglio basal, en el frontal y en el opérculo temporal y occipital bilateral. En la imagen 10 se ve activación de la cabeza del núcleo caudado además de dar la impresión de que se está activando el putamen derecho. En la imagen número 11 se

activa el temporal posterior, el ventrículo lateral, el opérculo temporal del lado derecho e izquierdo y en la 12 tenemos activación en la ínsula del lado derecho y el parietal derecho.

## 1.2. Procesamiento de preguntas y frases



Bloque 3. Activación cortical durante la percepción y producción de preguntas y frases.

En este bloque hay activación en la imagen 4, allí se distingue la actividad en el frontal y del temporal mesial bilateral, en la imagen 5 se observa activado el putamen y frontal mesial derechos, frontopolar izquierdo y occipital bilateral. Además se ve activación en la cisura de Silvio, la ínsula y los ganglios basales bilaterales; en la imagen 6 se ve activo el putamen derecho. En la imagen 7 se activa el cerebelo y la corteza occipital superior; en la imagen 8 tenemos activación del temporal derecho, en la imagen 9 se activa el lóbulo frontal y el temporal. En la número 10 pareciera que hay activación en el frontal bilateral, temporal y parietal bilateral, y se observa parte del caudado izquierdo (la imagen periventricular derecha,

**cuerno de cuclado).** En la imagen 11 se activa en frontal derecho, parietal izquierdo, **cuerno calloso (rodilla),** y en la 12 el parietal posterior y frontal derecho.

## 2. INFORMANTE A2

### 2.1. Procesamiento de palabras



Bloque 4. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En el cerebro de este informante se ve activación del hemisferio cerebeloso **bilateral** en la primera imagen; en la imagen 2 se activa el hemisferio cerebeloso del **lado izquierdo**. En la imagen 5 se ve activación del temporal anterior; en la imagen 6 **hay** activación temporal izquierdo, segmentos anterior o polar y medio. En las **imágenes 7 y 8** hay activación del frontal y el temporal del lado izquierdo, con **componente** occipital mesial bilateral; en la imagen 9 la activación se da de manera **bilateral en el frontal**, putamen izquierdo, temporal derecho. La imagen 10 presenta **activación a nivel** del frontal derecho y del temporal izquierdo, en la imagen 11 se

activa **frontal bilateral**, cabeza del núcleo caudado derecho, temporal izquierdo. En la **imagen 12 se activa frontal y temporal izquierdo**.



Bloque 5. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En las imágenes 1, 2 y 3 del bloque 5 se ve activación del temporal anterior. **Por su parte**, las imágenes 4 y 5 tienen activación del área frontal, y de la zona que **conecta el frontal y el temporal**. En la imagen 6 se activa el frontal del lado derecho y **el temporal** del lado izquierdo, pequeña área de activación temporal derecho **adicional**. En la imagen 7 y 8 hay activación del temporal medio y del frontal. En el **caso de la imagen 7** se ve activación de la cabeza de caudado derecho. En la imagen 9 hay **activación del parietal**, y en la 11 se ve activo el temporal. En la imagen 12 se ve **actividad pequeña** en el parietal derecho.

## 2.2. Procesamiento de preguntas y frases



Bloque 6. Activación cortical durante la percepción y producción de preguntas y frases.

En las imágenes de este bloque se ve activación en 2 del temporal mesial **bilateral**. En la imagen 3 se ve activación de orbitofrontal derecho; en la imagen 4 se ve activación del occipital del lado izquierdo, del frontal izquierdo y del temporal **derecho**. En la número 5 se activa el frontal de manera bilateral. En la imagen 7 y la 9 se activa el lóbulo occipital mesial.

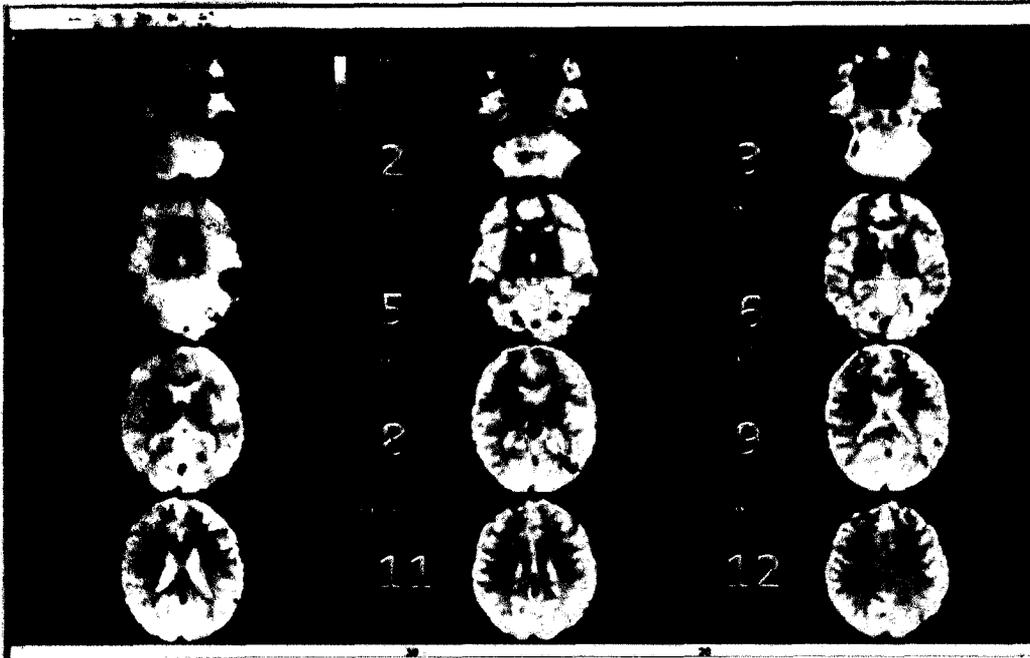
### 3. INFORMANTE B1

#### Reconocimiento de palabras



Bloque 7. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En este bloque se ve activación en la imagen número 1 y 2 a nivel **orbitofrontal**, en la imagen 2 se aprecia actividad en el cerebelo hemisferio **cerebeloso izquierdo** cortical posterior; en la imagen 10 se puede ver activación **frontopolar bilateral**, frontal izquierdo y parte de occipital mesial. En la imagen 11 se ve **activación del frontal** derecho y el opérculo de la corteza temporal; en la número 12 tenemos **activación bilateral** a nivel frontal y occipital.



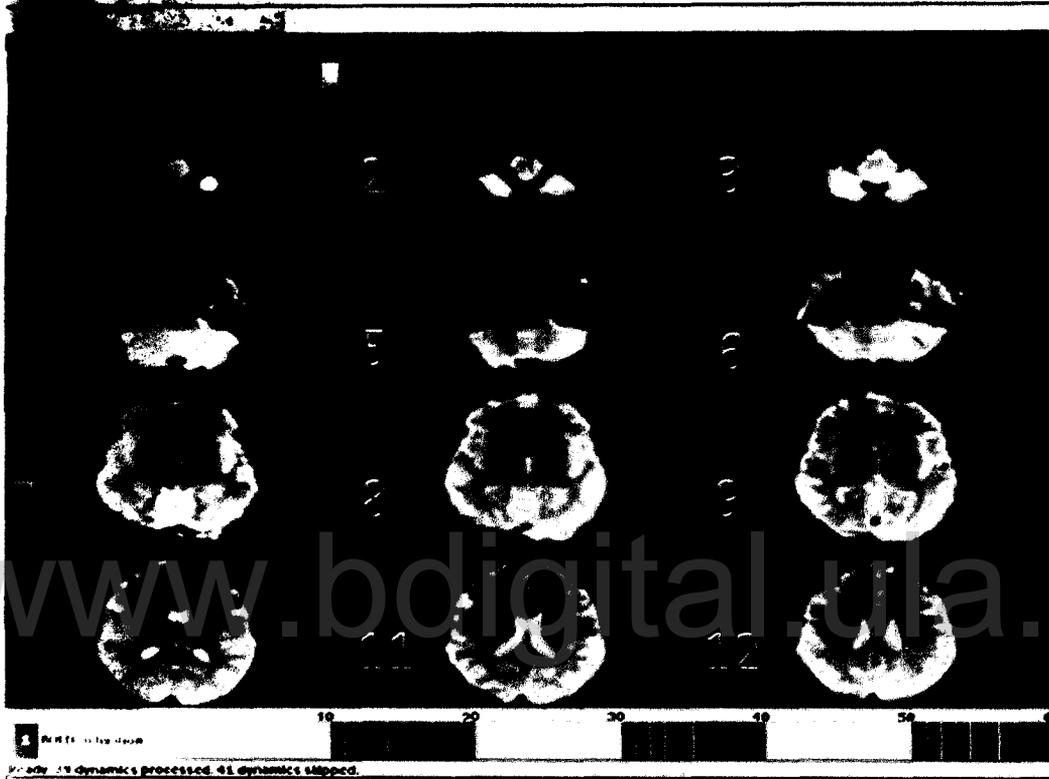
Bloque 8. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En este grupo se puede ver en la imagen 6 activación frontal bilateral, **opérculo frontal** y fórceps mayor, además del occipital mesial izquierdo, en el cuadro 7 se activa el frontal y el parietal izquierdo y corteza temporal izquierdo, en las imágenes 8 y 9 hay activación del frontal de manera bilateral y el parieto-occipital izquierdo.



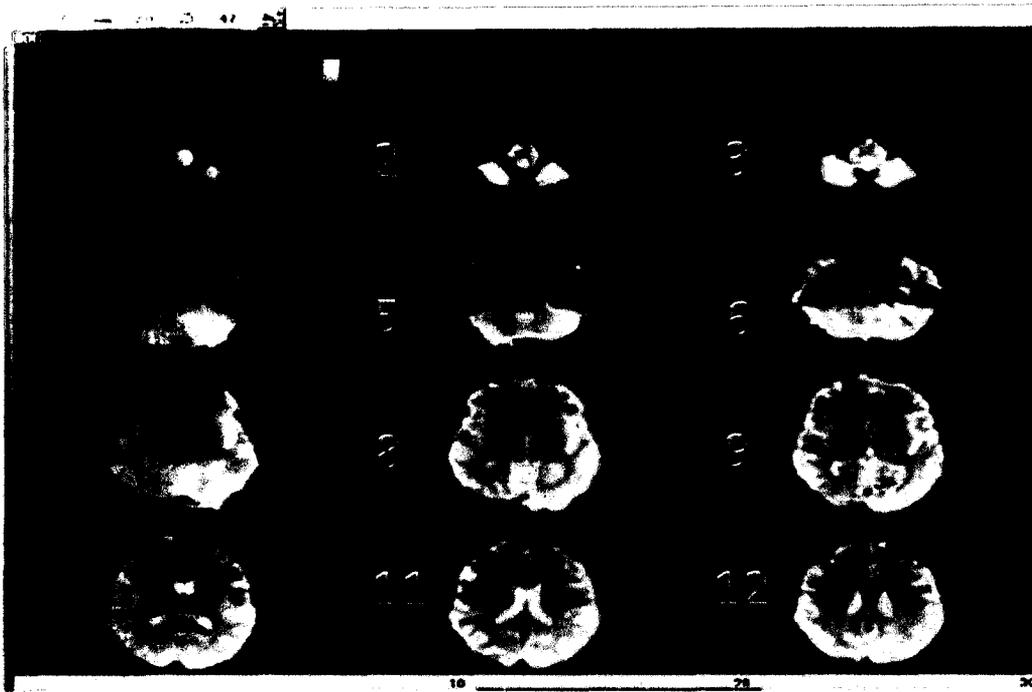
## CONTRASTE B2

### Procesamiento de palabras



Bloque 10. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

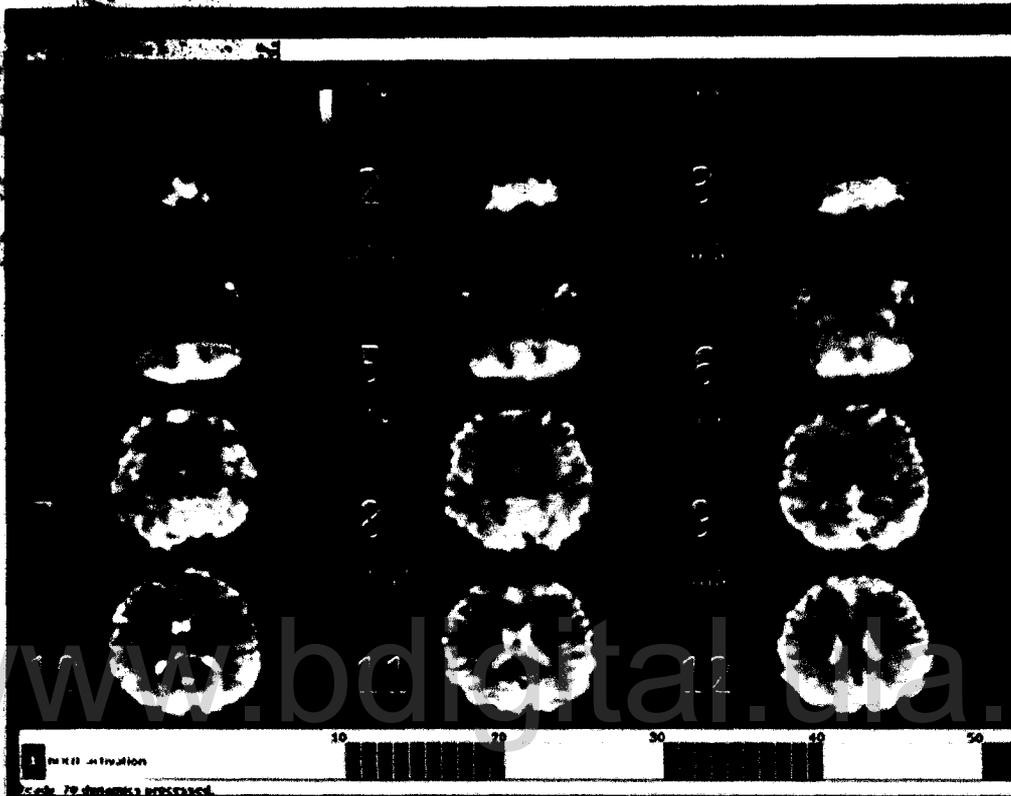
En las imágenes 6 y 9 hay activación del lóbulo temporal izquierdo, en la **imagen 8** se activa el lóbulo frontal mesial.



Bloque 11. Activación cortical durante la percepción y producción de palabras.

En este bloque tenemos activación del área frontal del lado izquierdo, en la imagen número 8; en la imagen 9 se ve activado parte del frontal izquierdo y del **occipital mesial** del mismo lado.

## Activamiento de preguntas y frases



**Bloque 12. Activación cortical durante la percepción y producción de preguntas y frases..**

En estas imágenes se nota activación del área frontal bilateral (frontopolar) en las imágenes 8 y 10.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **Capítulo VI**

### **Análisis y discusión**

La mayoría de los autores considera al área 44 y 45 de Brodmann como el **área de Broca**. Sin embargo, Broca en 1861 no describió con detalle la localización de la **lesión que provocó el trastorno del lenguaje** en su paciente (Cf. Trejo Martínez *et al.*, 2007) y es a partir de nuevos estudios en el campo de la neuroimagen funcional enfocada al lenguaje en donde se evidencia que las funciones del área de Broca –y del **área de Wernicke**– no están tan claros como inicialmente parecía. Así mismo, se puede decir que el fascículo longitudinal superior está considerado en la actualidad como un sistema bidireccional que une una amplia extensión de las cortezas sensitivas con la corteza prefrontal y premotora. También se ha determinado que hay otras regiones del hemisferio izquierdo, tanto corticales como subcorticales, que están implicadas de forma importante en el procesamiento del lenguaje. Entre otras, se encuentran las cortezas asociativas superiores en la región frontal, temporal y parietal izquierdas que se cree están relacionadas con la articulación del habla; las áreas prefrontal y cingulada que son mediadoras de la memoria y de los procesos de atención. Es por esto que se puede decir que el procesamiento del lenguaje requiere una amplia red de áreas cerebrales que interactúen, lo que coincide con los modelos cerebrales del lenguaje presentados anteriormente.

En el caso de esta investigación, cabe acotar que no se puede decir que tal o cual imagen fue obtenida estrictamente durante el proceso de percepción o de producción del habla, puesto que ambos procesos en el cerebro se dan en cuestión de milisegundos y el equipo de RMF con el que se trabajó, a pesar de ser rápido, no permite hacer esa diferenciación. Esto nos hace suponer que ambos procesos se dan en simultáneo. Para este estudio se considera la percepción y la producción del habla como procesos que se dan al mismo tiempo, de manera interconectada y multidireccional; no puede haber uno sin que ocurra el otro. Esto nos lleva al modelo de integración de los procesos de percepción y producción del habla en el que se basa esta investigación, pues según este modelo teórico experimental que tiene como premisa central la estrecha vinculación entre los procesos de percepción y

**producción, no se pueden desligar el proceso de percepción y el de producción del habla, ya que uno es necesario para que se dé el otro (Cf. Martínez Matos, 2009).**

**En esta investigación, de manera general, se puede hablar de patrones o tendencias de activación cortical que nos han permitido ver qué área se activa más durante los procesos lingüísticos aquí estudiados. La primera tendencia que se puede evidenciar es que en los cerebros de los informantes afásicos, cuando están produciendo y percibiendo palabras, se activa el hemisferio cerebeloso izquierdo, la región temporal bilateral, el ganglio basal, el lóbulo occipital bilateral, la cabeza del núcleo caudado y lóbulo frontal tanto bilateral como del lado izquierdo. Además, cuando estos informantes responden a preguntas y repiten frases completas, la activación se da en el lóbulo temporal mesial bilateral, en el lóbulo occipital bilateral, en el lóbulo frontal bilateral y también en el lóbulo parietal.**

**Por otra parte, en los cerebros de los informantes con afasia de Broca se vio activación en la ínsula cuando desarrollaban los procesos de percepción y producción de palabras, lo que concuerda con lo planteado por Ackermann y Riecker (2004, 2007), quienes han observado, a través de PET, que la ínsula interviene en la actividad motora relacionada con la producción del habla. Lo que indica que la ínsula parece apoyar el patrón temporoespacial de inervación de los músculos del tracto vocal durante la expresión verbal. La ínsula es una zona importante no incluida en los modelos cerebrales clásicos del lenguaje; es una pequeña sección oculta dentro de los hemisferios cerebrales. Pruebas recientes sugieren que esta área es importante para la planificación y coordinación de los movimientos de articulación necesarios para hablar (Kandel *et al.*, 2001). Los pacientes que presentan lesiones en esta área tienen dificultad para pronunciar los fonemas en orden apropiado; generalmente emiten combinaciones de sonidos que están muy próximas a las palabras meta.**

**En concordancia con Ackermann *et al.* (2004), el papel del cerebelo se pone de manifiesto cuando se da la repetición de palabras en voz alta, ya que la activación**

**cerebelosa sucede al mismo tiempo que la activación motora en el cerebro durante los movimientos de los músculos de la lengua y los labios. Los estudios de imagen funcional hechos por Märien *et al.* (2000) han demostrado también datos concretos sobre la relación del cerebelo con los procesos cognitivos relacionados con el procesamiento del lenguaje. Sus datos demuestran la participación de estructuras cerebelosas en procesos como la asociación de palabras, así como su utilización en cálculos aritméticos mentales, estereoagnosia y procesos asociativos durante el aprendizaje. Por otra parte, varios estudios de neuroimagen funcional, según Rosell Clari (2005), demuestran que el cerebelo se activa en tareas de selección y producción de palabras. Sin embargo, no queda del todo claro si el papel del cerebelo es específico en la generación de verbos o si el cerebelo interviene de forma genérica en la producción de palabras.**

En nuestra investigación se observó la activación del cerebelo en los informantes A1, A2 y B1 mientras percibían y producían las palabras, las preguntas y las frases. En el caso del informante B2, no se vio activación de esta área. Nuestra investigación apoya lo planteado por Rosell Clari (2005), Märien *et al.* (1994) y Ackermann *et al.* (2004), observando que el cerebelo ejerce un papel importante en las tareas de selección, asociación y producción de palabras, ya que suele activarse al mismo tiempo que el área motora, que se activa en el cerebro durante los movimientos de los músculos de la lengua y los labios.

Esta investigación coincide con la de Bohland y Guenther (2006) en cuanto a que sus resultados muestran que durante el proceso de producción del habla se da activación cortical, en diferentes grados, del surco frontal inferior y del lóbulo parietal posterior, así como de regiones bilaterales en la ínsula anterior y el opérculo frontal, el ganglio basal y el cerebelo. Bohland y Guenther (2006) sugieren que estas áreas están asociadas con el distinto grado de complejidad estructural de distintas sílabas en el habla.

Por su parte, en el caso de los informantes que no presentaban ningún trastorno, la activación cortical en el cerebro fue menor, pues al estar completamente sanos o con buena actividad neurológica presentan escasa activación en las áreas funcionales estudiadas (Cf. Thulburn, 1999), indicativo de que no requieren grandes gastos de energía o consumo de oxígeno en sangre, que es la base funcional de la técnica que se ha usado para esta investigación, pues ella determina los cambios de oxyhemoglobina a desoxyhemoglobina en el cerebro. Precisamente en estos participantes sanos se activó el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo y el occipital mesial izquierdo durante la percepción y producción de las palabras. En el caso de las preguntas y las frases se activó el lóbulo frontal.

Hemos podido apreciar que durante el procesamiento de las palabras, tanto en los informantes B1 y B2 como en los informantes A1 y A2, se activan el lóbulo occipital mesial izquierdo y de manera bilateral el frontal. En el caso del procesamiento de las preguntas y las frases, pudimos apreciar en los cuatro informantes la activación del lóbulo frontal.

Los lóbulos frontales corresponden a una amplia porción del córtex delimitado por el polo anterior del cerebro, la cisura central de Rolando y una prolongación anterior que, desde el final de aquella cisura, llega hasta la cisura de Silvio. La importancia de los lóbulos frontales reside precisamente en proporcionarnos la capacidad de autocritica, proyectos y conductas activas y autónomas que dependen de procesos cognitivos, consideradas como los más humanamente superiores y evolutivamente desarrolladas. Las revisiones clínicas sugieren que la corteza frontal se podría dividir al menos en cinco zonas funcionalmente especializadas: la primera de ellas sería el córtex motor o área primaria motora; la segunda es el córtex premotor, la tercera es el operculum frontal; la cuarta es la zona prefrontal o córtex asociativo frontal y; por último, la zona paraolfatoria o subcallosa (Jódar Vicente, 2004).

**Al haber constatado en los cuatro informantes la activación en los lóbulos frontales, en algunos casos en el hemisferio izquierdo y en otros de manera bilateral, se pone de manifiesto la importancia de esta área cerebral para la planificación y desarrollo de los procesos lingüístico-cognitivos. Coincidimos con Álvarez Linares et al. (2002), en que los lóbulos frontales se pueden ver con mayor activación durante la tarea de fluidez fonológica. Estos investigadores también señalan que durante la tarea de decisión léxica se observa activación del lóbulo frontal tanto del hemisferio derecho como del izquierdo, concretamente en el área orbitofrontal. Del mismo modo, en la tarea de repetición estos autores pudieron observar activados tanto del lóbulo frontal como el lóbulo temporal.**

**A continuación revisaremos con mayor detalle la actividad cerebral de cada informante durante el procesamiento de las palabras y de las preguntas y frases. Veremos las particularidades en cada informante, con el fin de contrastar y entonces proponer las áreas comunes de activación.**

**En el caso del informante A1, durante el procesamiento de las palabras y las preguntas y frases, se ve activación del lóbulo frontal (en algunos casos solo del lado izquierdo y en otros de manera bilateral), de la ínsula, de los ganglios basales, del núcleo caudado izquierdo, del lóbulo occipital (en algunos casos solo del lado izquierdo y en otros de manera bilateral), del lóbulo temporal mesial (de manera bilateral) y del putamen.**

**Durante el procesamiento de los mismos estímulos, el informante A2 presenta un patrón de activación a nivel del lóbulo frontal (del lado izquierdo y también de manera bilateral), de la cabeza del núcleo caudado, del lóbulo occipital mesial.**

**Por su parte, en las imágenes obtenidas del informante B1 se muestra una clara activación en el lóbulo frontal izquierdo, en el lóbulo temporal izquierdo y en el**

occipital izquierdo. En el informante B2 se ve activación solo del área frontal tanto en las preguntas y frases como en las palabras.

Cuando comparamos la activación cerebral de los informantes A1, A2 y B1<sup>10</sup> durante el procesamiento de palabras, vemos activación de la corteza temporal izquierda –que contiene sistemas nerviosos que dan acceso a palabras que distinguen diversas categorías de cosas, pero no aquellas que indiquen las acciones de las cosas o sus relaciones con otras entidades. Además, se puede ver en estos tres informantes activación de la corteza frontal en la superficie mesial del hemisferio izquierdo (que comprende el área motora suplementaria y la región anterior del cíngulo), que según Kandel *et al.* (2001) desempeña un papel importante en la iniciación y el mantenimiento del habla.

Heun *et al.* (2001) describen en su investigación que hay aumento de la activación de la circunvolución precentral izquierda, el área motora suplementaria, la circunvolución frontal inferior izquierda y en la zona de unión temporo-occipital izquierda. En nuestra investigación la activación cerebral observada es bastante similar.

Nuestros datos no concuerdan con los de Fridriksson y Morrow (2005). Estos autores señalan que se da mayor activación cerebral durante las tareas lingüísticas en personas sanas y en menor medida en pacientes afásicos. En nuestro trabajo hemos podido observar mayor activación cerebral en los informantes afásicos, con mayor intensidad durante la percepción y producción de palabras.

En resumen: en los casos estudiados en esta investigación la actividad cerebral durante la percepción y producción del habla tiende a activar el lóbulo frontal y el lóbulo temporal del hemisferio izquierdo, lo que nos permite inferir que en los cuatro

---

<sup>10</sup> Se deja fuera de esta comparación a B2, puesto que no tiene más que activación del lóbulo frontal y occipital izquierdo.

informantes **analizados** se ve activada lo que se denomina *zona encargada del habla* o **área de Broca**. Además, hay otras estructuras que se activan en simultáneo con el **área de Broca** y que por su aparición pareciera que también están asociadas al **procesamiento** del lenguaje, como el lóbulo occipital, el lóbulo frontal y temporal del **hemisferio derecho** y la zona mesial. La mayor parte de la activación observada en los **participantes** durante la percepción y producción del habla se puede encontrar en el **lóbulo frontal**. Por otra parte, es preciso señalar que se ha podido apreciar **lateralización** hacia el hemisferio izquierdo cuando se ejecutan tareas lingüísticas y **también**, en algunas oportunidades, hacia el hemisferio derecho (cf. Trejo Martínez *et al.*, 2007; Conde Espinosa *et al.* 2004).

También este estudio permite dar cuenta de que el estímulo aplicado hace que **varíe** la activación cortical (cf. Huettel 2010; Snell, 2007; Ogawa *et al.*, 1990), pues como se pueden ver en los resultados se consigue mucha más activación cuando se **usan palabras** que cuando se usan preguntas y frases. En el caso de las personas sanas, **la percepción** y producción de palabras mostró más activación cerebral. Esta **activación** se pudo ver en mayor medida en los informantes afásicos, justamente por **la dificultad** que se les presentaba al ejecutar la tarea. Durante las preguntas y las **frases** se ve activación del lóbulo occipital y del frontal, esto puede deberse a la **planificación** del discurso y al uso de la memoria para responder al estímulo aplicado. **En el caso** de los informantes B1 y B2, cuando realizaron esta tarea la activación fue **bastante escasa**, lo que podría deberse a la rapidez de procesamiento, lo que no **permite que** el equipo de RMF capte todo lo activado.

**En definitiva**, a partir de las imágenes estudiadas pudimos ver activaciones **cerebrales de** áreas comunes para el procesamiento de los distintos tipos de estímulos **utilizados**: el hemisferio izquierdo, el lóbulo frontal izquierdo, el lóbulo temporal **izquierdo** y el lóbulo occipital. Sin embargo, existe activación de otras áreas que **acompañan a** cada tarea en específico.

**Capítulo VII**  
**Conclusiones**

**El estudio del procesamiento del lenguaje en el cerebro ha recorrido un largo camino en el siglo pasado, pero los desafíos que supone su comprensión son formidables. Ahora, la posibilidad de registrar actividades del cerebro en vivo a través de técnicas de neuroimagen como la RMF ha permitido observar de manera más clara lo que sucede en la corteza cerebral al ejecutar una tarea lingüística. A lo largo de esta investigación se pudo observar que es imposible considerar que solo una porción pequeña del cerebro es la encargada del lenguaje –en este caso de la percepción y producción del habla–, pues existen muchas interconexiones que permiten que el cerebro en conjunto trabaje.**

**Al igual que en otras investigaciones, nuestros resultados obtenidos mediante RMF demuestran activación cerebral a estímulos lingüísticos, lo que nos permite considerar como áreas de activación común para los cuatro informantes durante la percepción y producción de palabras, preguntas y frases las siguientes: el lóbulo frontal, el temporal y lóbulo el occipital. Como se ha podido notar a lo largo de la discusión y el análisis de los resultados, se puede concluir que a pesar de haber varias áreas que se activan en el cerebro cuando se está procesando un estímulo lingüístico, se ha podido dar cuenta también de que al variar el estímulo varía la activación de las áreas cerebrales. En el caso de las palabras, se vio una activación significativa de áreas como el cerebelo, el lóbulo parietal, el ganglio basal, el putamen y la ínsula; además de activarse en algunos casos el lóbulo frontal y occipital del lado derecho en simultáneo con su homólogo del lado izquierdo. Todas estas estructuras cerebrales cumplen funciones importantes durante el procesamiento de las palabras según varias de las investigaciones consultadas (ver capítulo III). En el caso del procesamiento de las frases se activa en el hemisferio izquierdo el lóbulo frontal, el occipital y el temporal**

**Al observar las imágenes cerebrales de los informantes sanos que cuentan con buena actividad neurológica, se ha podido notar que presentan una escasa activación**

en las áreas funcionales estudiadas, indicativos de que no requieren gran consumo de oxígeno en la sangre. Esto indica que la velocidad de procesamiento es tan rápida que el equipo de RMF solo puede captar una pequeña parte de lo que está sucediendo durante el procesamiento del lenguaje.

La realización de este tipo de investigación no sólo aporta información a la lingüística como ciencia del lenguaje, sino que al tener un carácter multidisciplinario les da a los neurólogos y neurorradiólogos (como principales estudiosos de los procesos cerebrales) la información necesaria sobre las áreas cerebrales asociadas al lenguaje que les permitan identificar y planificar de manera más certera las zonas que pueden verse afectadas en un trastorno como la afasia de Broca. La información contenida en esta investigación también puede ser útil a terapeutas del lenguaje, ya que pueden establecer una planificación de los tratamientos y evaluaciones mucho más precisas para ayudar a sus pacientes.

Estudiar a una profundidad mayor lo que pasa en el cerebro es una ardua tarea que se debe realizar para tratar de desentrañar esa unidad que nos rige a cada paso. Descubrir qué es lo que nos hace producir oraciones, palabras, silabas, entender una lengua, comprender una conversación, aunque nos falte información, pensar en palabras, usar el conocimiento del mundo para hacer inferencias, y muchas otras cosas más, es apasionantemente complejo. Consideramos que en un futuro será indispensable este tipo de estudios a niveles subcorticales, para ver qué pasa a niveles del tálamo, sustancia blanca y demás partes que hasta ahora son un camino inexplorado para los investigadores apasionados del área.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve) **Referencias**

**Ackermann H.; A. Riecker; D. Wildgruber; K. Mathiak; M. Erb; I. Hertrich I; y W. Grodd. 2004. Functional magnetic resonance imaging fMRI. reveals two distinct cerebral networks subserving speech motor control. *Neurology* 64, 700-706.**

**Ackermann, H, K. Mathiak; A. Riecker. 2007. The contribution of the cerebellum to speech production and speech perception: Clinical and functional imaging data. *The Cerebellum*, in press.**

**Ackermann, H. A. Riecker; B. Brendel. 2007. Increasing complexity of speech stimuli: A 3 T fMRI study. *Submitted to Brain and Language*.**

**Álvarez Linares, J.; P. Martín Plasencia; F. Maestú Unturbe; R.G. Sola; J. Iglesias; J.M. Serrano. 2002. Dominancia hemisférica para el lenguaje y resonancia magnética funcional: comparación de tres áreas. *Neurol* 35 (2), 115 - 118**

**Ardila, Alfredo. 2003. Área frontal derecha homóloga al área de broca: participación en los procesos verbales. *II Congreso Internacional de Neuropsicología en Internet*. Abril-Mayo 2003. Disponible en Internet: <http://www.serviciodc.com/congreso/congreso/comunica/Ardila.html> (consultado el 20 de noviembre del 2011)**

**Ardila, Alfredo. 2006. *Las afasias*. Miami: Florida International University press.**

**Arias Holgado, María F.; Francisco Fernández Segado; Santiago Bejumea Rodríguez; Alejandro Herrera Lira. 2004. Percepción categorial y productividad como características de la conducta verbal: un análisis crítico desde el punto de vista del control discriminativo múltiple. *Revista latinoamericana de psicología*. 36 (001) 59-72. Disponible en Internet: <http://alyc.uaemex.mx/pdf/805/80536106.pdf> (consultado el 26 de enero del 2012)**

**Arriada Mendicoa, N.; E. Otero Silicio; T. Corona Vázquez. 1999. Conceptos actuales sobre cerebelo y cognición. *Revista de Neurología*. 29 (11), 1.075-1.082. Disponible en Internet: [http://www.med.ufro.cl/Recursos/neuroanatomia/archivos/apunte\\_dr\\_henrique.pdf](http://www.med.ufro.cl/Recursos/neuroanatomia/archivos/apunte_dr_henrique.pdf) (consultado el 26 de enero del 2012)**

- Belinchón, M, A. Riviere;** y J.M. Igoa. 1992. *Psicología del Lenguaje. Investigación y teoría*. Madrid. Ed. Trotta.
- Beretta, A.; C. Campbell;** T.H. Carr; J. Huang; L.M. Schmitt; K. Christianson y Y. Cooc. 2003. An ER-fMRI investigation of morphological inflection in German reveals that the brain makes a distinction between regular and irregular forms. *Brain and Language*, 85, 67–92.
- Boblad, Jason W. y Frank H. Guenther.** 2006. An fMRI investigation of syllable sequence production. *NeuroImage* .32 (2), 821–841. Disponible en Internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811906004472> (consultado el 16 de Febrero del 2012)
- Borregón Sanz, Santos y Agustina González Calvo.** 2001. *La afasia: exploración, diagnóstico y tratamiento*. Madrid: CEPE.
- Botajer, J.** 2004. *Técnicas imagenológicas y proyecciones radiológicas*. Bogotá: Editorial Panamericana.
- Broca Paul.** 1861. Citado en Grodzinsky Yosef y Amunts Katrin (Ed.) 2005. *Broca's región*. Oxford University Press.
- Bruner, J.** 1984. *Acción, pensamiento y lenguaje*, Madrid, Alianza.
- Conde Espinosa, Ruben;** David Trejo Martinez; Ignacio Madrazo Navarro; Francisco Velazco Campos; Gonzalo Solís y Maldonado; M<sup>a</sup> Guadalupe Gómez Pérez; Beatriz Elías Pérez; Agustín Retama Ortiz; Yalina González García. 2004. Dominancia hemisférica para el lenguaje mediante resonancia magnética funciona en la práctica clínica. *Acta Médica*: 2 (1).
- Crystal, David.** 1994. *Enciclopedia del lenguaje de la Universidad de Cambridge*. Madrid: Taurus.
- Damasio, AR.;** H. Damasio. 1992. El cerebro y el lenguaje. *Investigación y ciencia*. 194: 58-67.
- Dell, G. S.** 1986. A spreading activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 93, 283- 321.

- Dell, G. S.; M.F. Schwartz; N. Martin; E.M. Saffran; y D.A. Gagnon.** 1997. Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review*, 104, 801-939.
- Dell, G., F. Chang; y Z. Griffin.** 1999. Connectionist models of language production: Lexical access and grammatical encoding. *Cognitive Science*. 23 (4), 517-542.
- Domestre Viladevall, Josep; Joaquim Llisterri Boix; Montserrat Riera Masjoan; y Olga Soler Vilageliu.** 2006. La percepció del llenguatge. En Olga Soler (Coord). *Psicologia del llenguatge*. 35-114. Barcelona: Editorial UOC.
- Drua I Yela, J.; y M. Baquero.** 2005. La resonancia magnética funcional y sus aplicaciones clínicas. *JANO* 68 (1), 40-42. Disponible en Internet: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/68/1560/40/1v68n1560a13073765pdf001.pdf> (consultado el 24 de agosto del 2011)
- Etchepareborda, M.C. y M.J. López Lázaro.** 2005. Estructuras citoarquitectónicas del lenguaje. *Revista de neurología* 40 (1), 103-106. Disponible en Internet: [http://www.lafun.com.ar/PDF/20-Estructura\\_citoarq\\_de\\_48C52.pdf](http://www.lafun.com.ar/PDF/20-Estructura_citoarq_de_48C52.pdf) (Consultado el 29 de octubre del 2011)
- Flórez Ávalos, Blanca Graciela.** 2002. *Las afasias: conceptos clínicos*. México: Instituto de la Comunicación Humana.
- Fridriksson, Julius y Leigh Morrow.** 2005. Cortical activation and language task difficulty in aphasia. *Aphasiology* 19 (3), 239-250. Disponible en Internet: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1486765/> (consultado el 3 de Mayo del 2010)
- Fromkin, Victoria (eds).** 1973. *Speech errors as linguistic evidence*. París: Mouton. Disponible en Internet: <http://129.237.66.221/P800/fromkin.pdf> (consultado el 20 de febrero del 2012)
- Fromkin, Victoria A.** 1971. The non-anomalous nature of anomalous utterances. *Language* 47, 27-52.
- García Chico, Teófilo.** 1992. *Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.

- Garrett, M. F. 1975.** The analysis of sentence production. En G. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press. Vol. 9.
- Garrett, M. F. 1980.** *Levels of processing in sentence production*. En Butterworth (Ed). 1980. *Language production: Speech and talk*. Londres: Academic Press. vol. 1.
- Garrett, M. F. 1982.** *Production of speech: observations from normal and pathology in cognitive functions*. Londres: Academic Press. 19-76.
- Garrett, M. F. 1984.** *The organization of processing structure for language production*. En D. Caplan, A. R. Lecours y A. Smith (Eds.). *Biological perspectives on language*. Cambridge: MIT Press. 172-193.
- Garrett, M. F. 1988.** Processes in language production. En Newmeyer, F. J. (Ed.) *Linguistic: The Cambridge Survey. Vol. III. Language: psychological and biological aspects*. Cambridge: Cambridge University press.
- Gil, M. y R. Cardamone. 2003.** Breve esbozo histórico del problema de la localización de las funciones psíquicas. *II Congreso Internacional de Neuropsicología en Internet*. Abril-Mayo 2003. Disponible en Internet: <http://www.serviciodc.com/congreso/congress/pass/communications/gil.html> (Consultado el 12 de marzo del 2011)
- González Álvarez, Julio. 2007.** *Cerebro y Lenguaje: La Representación Neural de las Palabras y sus Significados*. Universitat Jaume I. Castellón. Texto ampliado y adaptado de *Brain and Language: The Neural Representation of Words and their Meanings Invited speech III Conference ALFAL-NE*. Oxford University, Taylor Institution, Oxford, UK. 21-22 June 2007
- Habib, M. 1999.** *Bases neurológicas de las conductas*. Barcelona: MASSON, S.A.
- Henn, R.; F. Jessen; Klose; Erb; D.O. Granath; N. Freymann; W. Grodd. 2001.** *Variación interindividual de la activación cerebral durante la codificación y la recuperación de las palabras*. Eur Psychiatry Ed. Esp. 8, 119-128.
- Hickok, Gregory. 2009.** *The Functional Neuroanatomy of Language*. Phys Life Rev. 1; 6(3), 121-143. Disponible en Internet:

- <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2747108/> (consultado el 8 junio del 2011)
- Huettel, Scott A.** 2010. *Functional MRI (fMRI)*. In *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, 2nd edition J. Lindon, G. Tranter y D. Koppenaal (eds), Oxford: Elsevier, 741-748.
- Jórdar Vicente, Mercè.** 2004. Funciones cognitivas del lóbulo frontal. *Revista de neurología*. 39: 178-182
- Kandel, Eric R.; James Schwartz; y Tomas M. Jessel.** 2001. *Principios de neurociencia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Leiner Henrietta C.; Alan L. Leiner; S. Dow Robert.** 1993. Cognitive and language functions of the human cerebellum. *Trends in neuroscience*. 16 (11), 444-447. Disponible en Internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016622369390072T> (consultado el 2 de noviembre del 2011)
- Levelt, W. J. M.** 1983. Monitoring and self-repair in speech. *Cognition*, 14, 41-101. Citado en García Chico, Teófilo. 1992. *Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.
- Levelt, W. J. M.** 1989. *Speaking. From intention to articulation*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Lieberman, A.M.; K.S. Harris; H.S. Hoffman; y B.C. Griffith.** 1957. The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology* 54: 358-368
- Lieberman, A. M.; F. S. Cooper; D. P. Shankweiler; y M. Studdert Kennedy.** 1967. Perception of the speech code. *Psychological Review* 74: 431-461.
- Lieberman, Alvin M. y Ignatius G. Mattingly.** 1985. The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21: 1-36.
- Luria, AR.** 1974. *El cerebro en acción*. Barcelona: Fontanella.
- Luria, AR.** 1979. *El cerebro humano y los procesos psíquicos*. Barcelona: Fontanella.

- MacDonald, J. y H. McGurk.** 1978. Visual influences on speech perception process. *Perception and Psychophysics*, 24, 253-257.
- Marian, P.; S. Engelborghs; B.A. Pickut; P.P De Deyn.** 2000. Aphasia following cerebellar damage: fact or fallacy? *Journal of Neurolinguistics*, 13, 145-171
- Marrero, Victoria.** 2001. Fonética perceptiva - ADDENA. Universidad Nacional de Educación a distancia. Fonética y Fonología de la lengua Española.
- Marslen, W. D.** 1975. Speech perception as an interactive parallel process. *Science*, 189, 226-228.
- Marslen, W.D. y A. Welsh.** 1978. Processing interactions and lexical access during word-recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
- Marslen, W.D.** 1987. Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25, 71-102. Reproducido en *Psycholinguistics: Critical Concepts in Psychology*, Vol.2, Altmann, G.T.M. Ed., New York: Routledge, 2002.
- Martínez Celdrán, Eugenio.** 1995. La percepción categorial de /b-p/ en español basada en las diferencias de duración. *Estudios de Fonética Experimental*. 5, 225-239.
- Martínez Matos, Hernán.** 2009. *Evaluación de la percepción y producción del habla*. Tesis Doctoral. Universidad de Los Andes: Mérida.
- Martínez Sánchez, José Manuel.** 2008. *Neurolingüística: patologías y trastornos del lenguaje*. Revista digital universitaria. 9 (12), 3-18. Disponible en Internet: <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num12/art103/art103.pdf> (consultado el 9 de marzo del 2010)
- Mascero, D.W.** 1987. *Speech perception by ear and eye: a paradigm for psychological inquiry*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Mascero, D.W.** 1992. "The fuzzy logical model of speech perception: A framework for research and theory". En Tohkura, Y. Vatikiotis Bateson, E. Sagisaka, Y. (Eds.). *Speech Perception, Production and Linguistic Structure*. Tokyo: Ohmsha, Ltd. 79-82.

- Massaro, D.W. y Cohen, M.M.** 1993. "The Paradigm and the Fuzzy Logical Model of Perception are Alive and Well", *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 115-124.
- Mathis, M. y H. Foley.** 1996. *Sensación y percepción*, México, Prentice Hall.
- Mesulam, Marsel.**1990. *Large-scale neurocognitive networks and processing for attention, language, and memory.* *Ann Neurol*, 28, 97-613.
- Moro, A.; M. Tettamanti; D. Perani; C. Donati; S.F. Cappa; y F. Fazio.** 2001. Syntax and the Brain: Disentangling Grammar by Selective Anomalies. *NeuroImage* 13, 110–118.
- Mumery, C. J.; J. Ashburner; S.K. Scott; y R.J. Wise.** 1999. Functional neuroimaging of speech perception in six normal and two aphasic subjects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 449–457.
- Neininger B.; y F. Pulvermüller.** 2003. The right hemisphere's role in action word processing: a double case study. *Neurocase*. 7 (4), 303-317. Citado en García Chico, Teófilo. 1992. Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.
- Ogawa, S.; T.M. Lee; A.R. Kay; y D.W. Tank.** 1990. *Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation.* *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 87 (24), 9868-9872.
- Ortiz Siordia, L.E.; L. Álvarez Amador; y R. Gonzales Piña.** 2008. Modelos anatomo-topograficos de las áreas cerebrales que se activan durante la función lingüística. *Revista de Neurología* 47 (12.), 653-658. Disponible en Internet: <http://www.neurologia.com/pdf/Web/4712/ba120653.pdf> (consultado el 14 de marzo del 2011)
- Palmer, E.D.; H.J. Rosen; J.G. Ojemann; R.L. Buckner; W.M. Kelley; y S.E. Petersen.** 2001. An Event-Related fMRI Study of Overt and Covert Word Stem Completion. *NeuroImage*, 14, 182–193.
- Pulvermüller F.** 1999. *Words in the brain's language.* *The Behavioral and Brain Sciences*, 22, 253–336. Citado en García Chico, Teófilo. 1992. Mecanismos

**de codificación fonológica en la producción del lenguaje.** Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.

**Puber-Mallat F.** 2001. Brain reflections of words and their meaning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 517–24. Citado en García Chico, Teófilo. 1992. **Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje.** Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.

**Rojas, Rafael** 2010. *Introducción a la resonancia magnética funcional cerebral.* Universidad de Boston. USA.

**Rosell Clari, Vicente.** 2005. *Uso del Verbo en pacientes afásicos motores en lengua castellana.* Tesis doctoral. Valencia: Universitat de Valencia.

**Silveri, M.C.; y S. Misciagna.** 2000. Language, memory, and the cerebellum. *Journal of Neurolinguistics*, 13, 129-143.

**Snell, Richard S.** 2007. *Neuroanatomía clínica 6ta Ed.* Bogotá: Editorial Panamericana

**Stemberger, J. P.** 1985. An interactive activation model of language production. En A. Ellis (Ed.), *Progress in the Psychology of Language.* Londres: L.E.A. vol.1.

**Thulborn; R. Keith; Patricia A. Carpenter; Marcel A. Just.** 1999. Plasticity of Language-Related Brain Function During Recovery From Stroke. *Stroke*: 30, 749-754

**Trejo Martínez, David; Fiacro Jiménez Ponce; José Marcos Ortega; Rubén Conde Espinosa; Ariana Fárber Barquera; Ana Luisa Velasco Monroy; y Francisco Velasco Campos.** 2007. Aspectos anatómicos y funcionales sobre el área de Broca en neurocirugía funcional. *Revista Médica del Hospital General de México.* 70 (3), 141-149. Disponible en Internet: [www.medigraphic.com/pdfs/h-gral/hg-2007/hg073i.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/h-gral/hg-2007/hg073i.pdf) (consultado el 23 de Enero del 2011)

**Uylings, H. B. M.; L.I. Malofeeva; I.N. Bogolepova; K. Amunts; y K. Zilles.** 1999. **Broca's language area from a neuroanatomical and developmental**

**perspective.** In C. M. Brown, & P. Hagoort (Eds.), *Neurocognition of language*, 319–336. Oxford: Oxford University Press.

**Vendrell, P.; C. Junqué.** 1987. *Lateralización del lenguaje: La audición dicótica.* En: **Pefa Casanova, J.** (ed). *La exploración neuropsicológica.* Sociedad Española de Neurología.

**Voss, J. A.; N.S. Vigliecca; y E.A. González.** 2007. Web based aphasia test using service oriented architecture SOA. *Journal of Physics: Conference Series* 90 disponible en Internet: <http://iopscience.iop.org/1742-6596/90/1/012003> consultado el 11 de Mayo del 2011.

**Wernicke, Carl.** 1874. *Der aphasiche Symptomenkomplex.* Breslau: Cohn und Weigert. The aphasia symptom complex: A psychological study on an anatomical basis. En *Wernicke's Works on Aphasia.* The Hague: Mouton. Citado en García Chico, Teófilo. 1992. *Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje.* Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense.

**Yeni-Komshian, G.** 1999. *Percepción del habla,* en N. Brenstein, J. Berko Gleason, B. Narasimhan (eds.): *Psicolingüística,* Madrid: MacGraw Hill, 113-167.