



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---



**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**MAESTRÍA EN DIAGNÓSTICO Y  
REHABILITACIÓN NEUROPSICOLÓGICA**

**CONECTIVIDAD FUNCIONAL DURANTE LA  
COMPRESIÓN DE ORACIONES DE GÉNERO Y NÚMERO**

## **TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN NEUROPSICOLÓGICA**

**PRESENTA:  
SILVIA DANIELA MENDOZA ESCOBAR**

**DIRECTOR:  
DR. LUIS QUINTANAR ROJAS**

**ASESOR METODOLÓGICO:  
DR. GREGORIO GARCÍA AGUILAR**

**MAYO, 2016**

**PUEBLA, PUEBLA MEXICO**

**MAYO 2016**

**MIEMBROS DEL JURADO DE EXAMEN:**

Dr. Luis Quintanar Rojas

Dr. Gregorio García Aguilar

Mtra. Emelia Minerva Lázaro García

## DEDICATORIA

A mi mamá, papá, hermano y hermana por todo el apoyo que me han dado toda mi vida, pero en especial el tiempo que estuve lejos de ustedes. Gracias por estar siempre e impulsarme a lograr lo que sea que me proponga.

A Alejandro por ser lo que me mantuvo fuerte durante estos años a pesar de estar lejos. Por demostrarme que no importa qué tan difícil sea, todos los obstáculos se pueden superar y por constantemente recordarme las cosas que de verdad importan.

Por último, a mi prima y abuelo que marcaron mi tiempo en la maestría y me impulsaron a llegar hasta aquí.

A todos, GRACIAS.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por proporcionarme la beca 589810/305071 y por todo el apoyo brindado, no solo a mí, sino a generaciones de estudiantes con ganas de superarse académica y profesionalmente.

También le agradezco el otorgamiento de la beca Mixta para poder realizar una estancia de investigación en el Centro de Restauración Neurológica (CIREN) en la Habana, Cuba del 1 de junio al 31 de julio de 2015.

A la VIEP por su apoyo para poder asistir al (SLAN) Sociedad Latinoamericana de Neuropsicología, para participar en Simposium "Análisis de EEG para la comprensión del lenguaje" del 11 al 13 de agosto de 2015 en Medellín, Colombia.

Al señor Armando Villarreal, quien me brindó su apoyo y confianza en estos dos años.

A mis asesores Dr. Quintanar, Dr. Gregorio Mtra. Emelia por guiarme durante este proceso de investigación.

A los profesores de la maestría, por transmitirnos sus conocimientos y ayudarnos en nuestro camino hacia ser mejores profesionistas de la salud.

A todos los pacientes, quienes pusieron su salud en nuestras manos y confiaron en nuestro trabajo

A Chivis, gracias por estar siempre para nosotros, haciendo más de lo que te correspondía y preocupándote por que estuviéramos bien en estos años.

A mis compañeros de generación, con quienes compartí momentos buenos y malos pero que no cambiaría. Gracias por todo su apoyo, por las reuniones, estrés, risas y todos los instantes que vivimos juntos. Los quiero y sé que todos van a llegar lejos.

Por último, a mis roomies Brenda y Rogelio, y a Paulina (roomie por un mes), quienes estuvieron a mi lado y fueron mis hermanos en Puebla. Gracias por las pláticas, las comidas, las películas, los consejos y porque hicieron de mi vida en la maestría, mil veces mejor. Gracias porque mis buenos recuerdos se los debo a ustedes.

## Resumen

**Introducción:** La comprensión del lenguaje está garantizada por sistemas funcionales complejos y dinámicos, conformados por diferentes mecanismos neuropsicológicos. El objetivo del estudio es conocer la actividad eléctrica durante tareas de comprensión de oraciones de género y número. **Metodología:** Se aplicó un paradigma experimental a 40 sujetos sanos con 60 oraciones de género y número, las cuales incluyen variaciones de pronombres y conjugaciones verbales. Se registró la actividad eléctrica cerebral (EEG) sincronizada con la tarea en 64 derivaciones según el sistema internacional 10-10, con una frecuencia de muestreo de 250 Hz y pasabandas de 0.5 a 32 Hz, determinando su coherencia. **Resultados:** En el análisis conductual, no hubo diferencias entre grupos respecto a la asociación de las imágenes con el estímulo auditivo, pero sí en los tiempos de respuesta, siendo el grupo de adultos mayores de 50 años más lento. En el análisis del EEG, surgió una activación fuerte en cuatro áreas relacionadas con el procesamiento de comprensión de las oraciones de género y número: Prefrontal, fronto-temporal, temporal y occipital. **Conclusiones:** En el grupo de sujetos menores de 50 años, existe una predominancia de la banda alpha al comprender oraciones. Sin embargo, en el grupo de mayores de 50, se presenta una dinámica de trabajo de bandas simultáneo debido al requerimiento mayor de recursos para llevar a cabo el proceso.

## Abstract

**Introduction:** Language comprehension is guaranteed by complex and dynamic functional systems, conformed by different neuropsychological mechanisms. Our goal in the present study was to know the electrical activity during sentences (gender and number) comprehension tasks. **Methodology:** An experimental paradigm with 60 sentences was applied to 40 healthy subjects. This sentences included variations of pronouns and verbal conjugations. The electrical activity (EEG) was registered and synchronized with the task. We had 64 derivations according to the international system 10-10, sampled to 250 Hz and filtered the frequencies between 0.5 to 32 Hz. **Results:** In the behavioral analysis, there was no difference in the association of auditory stimulus and images between groups. Although, the reaction time was larger in the group with subjects older than 50 years old. In the EEG analysis, there was a strong activation in four areas related to language comprehension: prefrontal, fronto-temporal, temporal and occipital. **Conclusions:** There is a predominance of the alpha band during comprehension tasks in the group of subjects younger than 50 years old. On the other hand, the older group shows a different dynamic. We observed all the bands working simultaneously due to the requirement of more resources to succeed in the process of comprehension.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de las evaluaciones neuropsicológicas en pacientes hispanohablantes con alteraciones relacionadas al lenguaje, se realizan exclusivamente con pruebas cuantitativas, estandarizadas, traducidas de otros idiomas y/o construidas para poblaciones con características culturales distintas, por lo que presentan un gran sesgo cultural.

Entre las pruebas más utilizadas para lo mencionado encontramos el Test de Boston (Goodglass, Kaplan y Barresi, 2005), la batería de la Afasia de Western (Andrew Kertesz, Álvaro Pascual-Leone Pascual – 2000) y el test Barcelona (Peña-Casanova, 1990).

No obstante en el año 2011 fue publicada la prueba de 'Evaluación clínico-Neuropsicológica de la Afasia Puebla-Sevilla' (Quintanar, Solovieva, León-Carrión, 2011) la cual fue elaborada específicamente para población hispano hablante. La misma consta de siete apartados que tienen como objetivo principal valorar el estado funcional de los siete factores neuropsicológicos subyacentes a los trastornos afásicos propuestos en la clasificación de Alexander R. Luria (1980).

Además, las investigaciones sobre el lenguaje se han enfocado, principalmente, al estudio de la actividad durante alteraciones sintácticas o gramaticales con potenciales relacionados a eventos. Sin embargo, no hay estudios sobre normalidad y son pocos los que relacionan la teoría del lenguaje con dichas investigaciones.

La teoría de Luria nos permite comprender un poco más sobre los centros que llevan a cabo las funciones psicológicas superiores. El lenguaje se puede dividir, en general, en dos: la producción y la comprensión. La mayoría de los autores veían a estos procesos como funciones separadas y cada una con sus respectivas áreas cerebrales. Sin embargo, Luria propuso un trabajo conjunto de áreas donde ninguna es exclusiva de una función, es decir, ninguna trabaja de manera aislada y distintas funciones pueden compartir áreas cerebrales, sean o no cercanas anatómicamente.

Los datos obtenidos en esta investigación son de gran importancia, ya que sirven como base para estudios comparativos con pacientes que presentan afasia en un futuro.

La organización de esta investigación es la siguiente: en el capítulo 1, revisaremos los antecedentes sobre el tema, es decir investigaciones previas. Haremos hincapié en trabajos sobre la activación de áreas cerebrales durante el lenguaje y los estudios registrando actividad eléctrica cerebral. En el capítulo 2 se aborda el marco teórico, las bases en las que se cimenta el estudio. En este caso, revisaremos sobre la teoría de Luria sobre los sistemas funcionales y los factores neuropsicológicos que subyacen a la comprensión de género y número; asimismo, entraremos un poco en la comprensión en general y en las estructuras de las oraciones. En el capítulo 3, veremos las razones por las que esta investigación fue realizada, así como sus objetivos e hipótesis. En el siguiente capítulo se encuentran redactados los métodos conductuales y electrofisiológicos utilizados para realizar esta investigación, así como sus características y explicación del proceso. Después, en el capítulo 5, vienen los resultados encontrados separados en: resultados conductuales y resultados de actividad eléctrica cerebral. En el capítulo 6 tenemos la discusión, donde se explican las causas o razones de los resultados encontrados y exponemos nuestras teorías sobre los hallazgos. Por último, en el capítulo 7, veremos un resumen de los puntos más relevantes de la investigación y sus resultados.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
<b>1.1.- Evaluación de la comprensión del lenguaje</b>	<b>12</b>
<b>1.2.- Neurofisiología y lenguaje</b>	<b>14</b>
1.2.1.- <i>Neuroimagen y comprensión de oraciones</i>	14
1.2.2.- <i>Electroencefalografía en la comprensión de oraciones de género y número</i>	16
1.2.3.- <i>Coherencia electroencefalográfica en comprensión de oraciones.</i>	21
<b>1.3.- Comprensión de oraciones según la edad</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO</b>	<b>31</b>
<b>2.1.- Sistema funcional complejo</b>	<b>31</b>
<b>2.2.- Comprensión del lenguaje</b>	<b>32</b>
<b>2.3.- Neuroanatomía funcional del lenguaje</b>	<b>34</b>
2.3.1.- <i>Desarrollo del lenguaje</i>	34
2.3.2.- <i>Estructuras temporales y frontales involucradas en el lenguaje</i>	35
2.3.3.- <i>Diferencias entre hemisferios</i>	37
<b>2.4.- Comprensión del lenguaje según la perspectiva soviética</b>	<b>39</b>
<b>2.5.- Oraciones de género y número</b>	<b>42</b>
2.5.1.- <i>Mecanismos psicofisiológicos implicados en la comprensión de oraciones de género y número.</i>	44
<b>2.6.- Coherencia electroencefalográfica</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>51</b>
<b>3.1.- Objetivos</b>	<b>52</b>
<b>3.2.- Preguntas e hipótesis</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO IV.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>54</b>
<b>4.1.- Diseño Experimental Y Participantes</b>	<b>54</b>
<b>4.2.- Instrumentos y Procedimiento</b>	<b>55</b>
<b>4.3.- Análisis estadístico conductual</b>	<b>56</b>
<b>4.4.- Análisis de datos de EEG</b>	<b>57</b>
4.4.1.- <i>Componente de análisis independiente (ICA) y localización de la fuente de dipolos.</i>	57
4.4.2.- <i>Análisis de agrupación de componentes independientes</i>	58
<b>CAPÍTULO V.- RESULTADOS</b>	<b>59</b>
<b>5.1.- Resultados conductuales</b>	<b>59</b>
<b>5.2.- Resultados de datos de EEG</b>	<b>62</b>
5.2.1.- <i>La dinámica temporal en región fronto temporal izquierda.</i>	62
5.2.2.- <i>La dinámica temporal en región prefrontal izquierda.</i>	63

5.2.3.- <i>La dinámica temporal en región occipital izquierda.</i>	65
5.2.4.- <i>La dinámica temporal en región temporal izquierda.</i>	66
<b>CAPÍTULO XI.- DISCUSIÓN</b>	<b>68</b>
6.1.- <b>Discusión de los resultados conductuales</b>	<b>68</b>
6.2.- <b>Discusión de datos de conectividad funcional cerebral</b>	<b>69</b>
6.2.1.- <i>Conectividad funcional en la región fronto-temporal</i>	69
6.2.2.- <i>Conectividad funcional en la región prefrontal</i>	71
6.2.3.- <i>Conectividad funcional en la región occipital</i>	73
6.2.4.- <i>Conectividad funcional en la región temporal</i>	75
<b>CAPÍTULO XII.- CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>81</b>

## **CAPÍTULO I .- ANTECEDENTES**

### ***1.1.- Evaluación de la comprensión del lenguaje***

Anteriormente, en el ámbito clínico neuropsicológico, la evaluación consistía en la valoración de las funciones cerebrales superiores con una batería de pruebas, generalmente procedentes de la psicología, integradas por WAIS, Bender, Figura humana, MMPI y Roscharch. En la neuropsicología se desarrollaron pruebas específicas para pacientes con afasia, como el Examen para la afasia (Eisenson, 1954), la prueba Minnesota (Schuell, 1965) y el Examen para el Diagnóstico de la Afasia de Boston (Goodglass & Kaplan, 1972), entre las más conocidas.

De igual manera, dentro del ámbito neuropsicológico también se han desarrollado baterías para la evaluación general de pacientes con daño cerebral, como la batería de Halstead-Reitan (Reitan & Wolfson, 1993), la batería Luria-Nebraska (Golden, Purisch, & Hammecke, 1978), el Esquema de Diagnóstico Neuropsicológico Ardila-Ostrosky-Canseco (Ostrosky-Solís, Ardila, & Canseco, 1982), la Evaluación Breve en Español, Neuropsi (Ostrosky-Solís, Ardila, & Rosselli, 1997), la Batería para Evaluar Daño Cerebral (Goodglass & Kaplan, 1979), la prueba Barcelona (Peña-Casanova, 1987), la Batería Neuropsicológica Sevilla (León-Carrión, 2009) y la Evaluación Neuropsicológica Breve para Adultos (Quintanar & Solovieva, 2009), entre otras.

Las pruebas neuropsicológicas más utilizadas para evaluar a los pacientes hispanos son: Luria Nebraska, la prueba Barcelona y el Neuropsi para la evaluación general; y la prueba de Boston como prueba específica para afasias. En general, las pruebas que fueron diseñadas para otros idiomas, simplemente se han traducido o adaptado para el español, pero no han considerado las características específicas, fonéticas y fonológicas, del idioma.

La comprensión de oraciones involucra una serie de condiciones neuropsicológicas como la percepción auditiva, fonológica, morfosintáctica, semántica, pragmática y análisis prosódico para integrar el significado de la oración e iniciar la acción consecuente. Esto tiene relevancia para la interpretación de las

respuestas de los pacientes con afasia cuando valoramos la comprensión del lenguaje. En muchas de las pruebas y baterías actuales usadas para la evaluación de la afasia no existe ningún criterio de selección de las palabras-estímulo, ni de los dibujos entre los cuales el paciente debe seleccionar el correspondiente a la palabra que escucha. De acuerdo al análisis propuesto en la escuela de Luria y sus seguidores, deben existir ciertos criterios para la selección de las palabras estímulo, los cuales pueden ser cercanos por punto y modo de articulación, cercanas por oído fonemático o semánticamente. Los criterios para los dibujos estímulo entre los que debe elegir el paciente deben incluir esos mismos criterios y deberá existir el dibujo correspondiente y por lo menos un dibujo cercano (Lázaro, Quintanar y Solovieva, 2010).

En general, existen dos tendencias fundamentales para la valoración de pacientes con daño cerebral. Una se caracteriza por ser una aproximación básicamente cuantitativa y se relaciona con el empleo de pruebas y baterías estandarizadas; mientras que la otra se centra más en las características cualitativas de las ejecuciones del paciente. Sin embargo, en los últimos años se ha planteado una combinación de ambas, es decir, la valoración cuantitativa y cualitativa (Glozman, 2002). De acuerdo a algunos autores (Glozman, 2002; Leon-Carrión, 1987), los nuevos instrumentos de evaluación deben permitir, tanto el análisis cuantitativo como cualitativo.

Para seguir el modelo de Luria, cuya esencia es la cualificación del defecto, es necesario desarrollar pruebas sensibilizadas para la evaluación y la interpretación de los resultados. En México se ha dedicado atención especial a la elaboración de instrumentos de evaluación, tanto para población infantil como para población adulta (Quintanar & Solovieva, 2009; Solovieva & Quintanar, 2009). Estas pruebas son importantes no sólo para el diagnóstico, sino también para la elaboración de programas de rehabilitación específicos para cada paciente.

## **1.2.- Neurofisiología y lenguaje**

### *1.2.1- Neuroimagen y comprensión de oraciones*

Diversas investigaciones con neuroimagen, analizadas por Kaan (2002), discuten el papel del área de Broca y las áreas comúnmente ligadas al procesamiento del lenguaje. Algunos estudios que usaron tareas de comparación de oraciones complejas contra simples, oraciones contra listas de palabras y oraciones contra no palabras, han llegado a propuestas alternativas. Mazoyer y Cols. (1993), Meyer y Cols. (2000), Moro y Cols. (2001) y Newman y Cols. (2001), exponen que el área de Broca es activada sistemáticamente cuando algún procesamiento es muy demandante, debido a los requerimientos de la memoria de trabajo. En la sintaxis, el área de Broca no es la única zona activada; el lóbulo temporal anterior, y partes mediales y posteriores del giro temporal medial también se ven involucradas. Lóbulos temporales mediales y superiores intervienen en el procesamiento lexical y activación sintáctica, fonológica, semántica de información asociada con las palabras entrantes. El lóbulo temporal anterior puede contribuir a la combinación o decodificación de información para su uso posterior (Keller et al., 2001; Stowe, Withaar, Wijers, Broere & Paans, 2002). Igualmente, la activación no se restringe al hemisferio izquierdo. El hemisferio derecho tiene un rol en la prosodia, mantenimiento del análisis en casos de ambigüedad, procesamiento del discurso y detección de errores (Friederici, 2002; Indefrey et al., 2001).

El giro inferior frontal, especialmente el área de Broca, es una zona altamente estudiada y discutida, en términos de funcionalidad. De manera general, es sabido que cumple con un papel relacionado a la producción motora del lenguaje. Sin embargo, también se ha observado que interviene en la memoria de trabajo verbal, en el procesamiento y construcción de oraciones complejas, proceso semántico y unificación de distintos aspectos del lenguaje (Smith et al., 1999; Friederici, 2009; Hagoort et al., 2005; Puler Müller et al., 2010). Recientes datos apuntan que las dos áreas de Brodmann que constituyen el área de Broca trabajan también de manera independiente. Se ha visto un incremento de activación en el área 44, al aumentar

la complejidad en oraciones, y el área 45 se relaciona más con las demandas de la memoria de trabajo (Fiebach et al., 2004). No obstante, a pesar de estos hallazgos tan específicos, existen evidencias de que el área de Broca también presenta activación al procesar secuencias gramaticales o incluso en el dominio visoespacial (Bahlmann et al., 2008, 2009; Friederici et al., 2006; Opitz et al., 2004, 2007), por lo que surge la teoría de que no es exclusiva del lenguaje.

La teoría antilocalizacionista discute la existencia de zonas dedicadas a una función en particular. Existen estudios recientes que concuerdan con esta postura. Keller y Cols. (2001), sugieren la posibilidad de un empalme funcional a lo largo de regiones corticales, mostrando activación de zonas adyacentes al realizar distintas tareas de lenguaje (específicamente regiones inferiores frontales y posteriores mediales). La misma investigación, realizada con fMRI, muestra la modulación de ambos hemisferios en la complejidad de frecuencia y sintáctica del lenguaje. Asimismo, refieren cierta especialización de áreas frontales para la generación de representaciones lingüísticas, y áreas parietales y temporales, para la interpretación, elaboración y almacenamiento de esta información. Sin embargo, las representaciones específicas, como la sintáctica, semántica, fonología, entre otras, no se relacionan directamente con zonas anatómicas particulares. Keller propone el trabajo conjunto de las áreas de Broca y Wernicke, así como de hemisferio derecho, para el procesamiento sintáctico; y comunicación constante entre áreas del lenguaje y el lóbulo parietal inferior izquierdo, para el procesamiento fonológico. Es decir, aun cuando existe cierta especialización en las regiones corticales, las evidencias apuntan a una colaboración o empalme de funciones y activación cerebral.

Friederici (2009) postula dos caminos asociados a la conexión entre regiones relevantes para el lenguaje: uno ventral y uno dorsal. La vía ventral sirve como soporte del mapeo del sonido con significado, mientras que el dorsal (que conecta lóbulo temporal con frontal posterior), soporta la integración auditiva/motora (Hickok & Poeppel, 2007). Según Friederici et al. (2006), estas vías cumplen con otras funciones: la vía dorsal conecta específicamente al giro temporal posterior con el área de Broca (44) y corteza premotora, y subyace al procesamiento de elementos no adyacentes en las oraciones sintácticamente complejas; la vía ventral conecta al

giro temporal anterior con el área de Broca (45) y el fascículo uncinado, ésta es la base de las combinaciones de elementos adyacentes en una secuencia.

Se han realizado numerosos estudios para definir el rol que tiene el lóbulo temporal en el lenguaje (Vandenberghe et al., 2002; Humphires et al., 2007; Rogalsky et al., 2009). Actualmente se estudia el lóbulo anterior y el posterior. La división anterior interviene principalmente cuando una estructura sintáctica debe ser procesada y da soporte a tareas semánticas. La zona posterior temporal cumple con la función de integrar los diferentes tipos de información. En el contexto de las oraciones, esto puede significar la integración semántica y sintáctica.

### *1.2.2- Electroencefalografía en la comprensión de oraciones de género y número*

La comprensión del lenguaje, ha sido estudiada a través de diversos métodos entre los que se citan la Resonancia Magnética funcional (Sakai et al., 2001, 2003; Snijders et al., 2009), Resonancia Magnética (Caplan et al., 2007), Tomografía por Emisión de Positrones (Caplan et al., 2007), Electroencefalograma (EEG) (Peña y Melloni, 2012; Weiss et al., 2005), Voxel-based morphometry (Amici et al., 2007) y Potenciales Relacionados a Eventos (PREs) (Wlotko y Federmeier, 2012; Huang et al., 2012; Federmeier et al., 2010).

Específicamente la amplitud de los PREs es frecuentemente comparada entre condiciones o grupos de interés, para lo que en estudios de neurofisiología las respuestas de los sujetos se promedian juntas para reducir la actividad de fondo del EEG (Taylor et al., 2011).

En cuanto a la comprensión de lenguaje, en especial a la comprensión de oraciones, la mayoría de los estudios se orientan a realizar análisis comparativos de aspectos de incongruencias sintácticas, la velocidad de procesamiento en relación a la edad (Caplan et al., 2011; Wlotko & Federmeier, 2001; Huang et al., 2012; Federmeier et al., 2012) y a detectar los mecanismos cerebrales involucrados en la integración sintáctica y semántica del lenguaje (Weiss et al., 2005).

Quiroz Gaviria, (2003) destaca la importancia de los estudios que se han presentado mediante los PREs, describiéndola como una herramienta prometedora para el estudio de los procesos cognitivos, resaltando el hecho de que la onda N400 se aprecia durante el procesamiento del lenguaje, principalmente entre incongruencias semánticas encontradas en oraciones, palabras o figuras.

Por su parte, Knoeferle, Urbach y Kutas (2011), realizaron un estudio para establecer la verificación de la imagen-oración como una tarea comprensiva. Recolectaron PREs mientras los participantes leían oraciones con sujeto, verbo y objeto, y los tiempos de respuesta indicaban si el verbo marcaba la acción representada. Aquí descubrieron que los errores cometidos producían tiempos de reacción más largos; la onda N400 aparecía más larga en la zona centro parietal, y los potenciales para los sustantivos objeto fueron más negativos. Así concluyen que el proceso de verificación no se da totalmente luego de la oración.

En cuanto al procesamiento del lenguaje, Igoa, García-Albea y Sánchez-Casas (1999) refieren que el género gramatical, uno de los dos niveles del género, forma parte del lema (que contiene la información sintáctica y semántica) y el número es determinado independientemente del lema. De acuerdo con estos autores, el género está más relacionado con la raíz de la palabra que el número; es decir, es menos probable que los hispanohablantes cometan errores de género en una oración debido a que, en ocasiones, se forma una palabra inexistente (p.e. La mesa es café/El meso es café). Encontraron también que en los sustantivos con género semántico (el niño/la niña), el otro nivel del género, los errores de congruencia tienden a pasar desapercibidos, a diferencia de los de género gramatical (el libro/la libra).

Centeno y Obler (1994) se inclinan también por un procesamiento independiente. Ellos reportan a una paciente con agramatismo que tiene mayor preservación del número que del género. En sus investigaciones encontraron que la congruencia artículo-sustantivo y adjetivo-verbo forman parte del mismo proceso, es decir, se comprenden de la misma manera. Antón-Méndez, Nicol y Garrett (2002) presentan una idea contraria. Ellos proponen que en tareas de congruencia no se presentan errores relacionados entre las oraciones con alteraciones de género, de

número y combinadas. Sin embargo, descubrieron que aunque se procesen de forma independiente, son mutuamente sensibles al otro cuando el sujeto de la oración es congruente en género y número y pueden causar confusión al unirlos al resto de la oración. Este descubrimiento es basado en la similitud entre los elementos principales de la oración, a mayor similitud en sus cualidades, mayor será la confusión al momento de decidir si hay congruencia o no.

Por el contrario, una investigación realizada por Alemán Bañón, Fiorentino y Gabriele (2012) sugiere que el procesamiento de concordancia de género y número está afectado por la distancia que hay entre los elementos concordantes. Sin embargo, la contribución particular de la distancia estructural (número de frases sintácticas intervinientes) al procesamiento de concordancia sigue siendo una pregunta abierta, ya que investigaciones realizadas previamente a este respecto no diferencian las distancias estructurales y lineales (número de palabras intervinientes).

En el estudio anteriormente citado, se utilizaron potenciales relacionados a eventos (PREs) para examinar el grado de impacto de la distancia estructural en el procesamiento de concordancia de género y número en oraciones en español. Se presentaron violaciones tanto dentro de la frase como a través de la frase. En ambos niveles, la distancia lineal se mantuvo constante, así como la categoría sintáctica de los elementos concordantes. Las violaciones de concordancia de género y número presentaron una robusta actividad positiva a los 600 ms entre los 400 y 900 ms, constituyéndose ésta como una actividad asociada al procesamiento morfosintáctico. No se observó ninguna diferencia de amplitud entre violaciones de género y número, sugiriendo que ambos aspectos son procesados similarmente a nivel cerebral (Alemán Bañón et al., 2012).

No obstante, la concordancia entre la frase presentó ondas de velocidad de flujo más positivas que la concordancia a través de la frase, por lo que estos efectos pueden ser interpretados como evidencia de que la distancia estructural impacta el establecimiento de concordancia total, consistente con modelos de procesamiento de oraciones que predicen que la estructura jerárquica impacta en el procesamiento de dependencias sintácticas (Alemán Bañón et al., 2012).

Las diferencias en estas latencias fueron equivalentes para los dos tipos de violaciones gramaticales en cuanto a su polaridad, distribución y morfología. Sin embargo, cuantitativamente el efecto de la manipulación de la concordancia de género pareció ser mayor que el de la manipulación de la concordancia de número.

Aunque en la investigación mencionada el P600 está ampliamente distribuido, este efecto fue de mayor intensidad en las zonas posteriores que en las anteriores, y estuvo ligeramente lateralizado hacia la derecha. Además, en este efecto se identificaron dos momentos diferentes atendiendo a su distribución en el eje anterior-posterior. Entre los 500 y los 700 ms el componente se observó tanto en los electrodos anteriores como en los posteriores, mientras que entre los 700 y los 900 ms el efecto tendió a desaparecer en los electrodos anteriores y permanece en los posteriores.

El componente de PREs denominado P600, entonces se asocia con estudios de congruencia gramatical entre el género del sujeto con la oración, e investigaciones lo han estudiado generalmente con paradigmas que incluyen violaciones gramaticales (Hagoort Peter, 2007).

Es importante destacar que otros experimentos muestran que la P600 no es solamente una respuesta a las violaciones sintácticas, sino que aparece en frases gramaticalmente correctas pero que son ambiguas durante la lectura de las primeras palabras. En estos primeros momentos, a la frase se le asigna de forma prioritaria una estructura determinada. A partir de la desambiguación de la frase, la información posterior puede confirmar la estructura elegida o no. Si no se confirma, entrarán en acción procesos encaminados a eliminar la estructura activa y reasignar una nueva (Frazier, 1987) o a inhibir la preferente y a aumentar la activación de la alternativa (Tanenhaus y Trueswell, 1995). En cualquier caso, será necesario un costo adicional para pasar de una a otra estructura. Este costo es el que puede estar reflejando el efecto P600.

Durante la década de los años setenta Kutas y Hillyard (1980) presentan tres experimentos en los que se les pide a los participantes que lean frases, cuya última palabra podía ser semánticamente anómala respecto al contexto precedente (tomo el café con leche y perro) o bien físicamente diferente (caracteres mayores). Las

desviaciones físicas provocaron una positividad tardía, mientras que los elementos incongruentes semánticamente se caracterizaron por un inesperado componente negativo ampliamente distribuido, con su pico máximo en torno a los 400 ms luego de presentado el estímulo. Lo que se conoce como el efecto N400.

El componente N400 puede obtenerse con casi cualquier tipo de estímulo susceptible de tener significado, como fotografías (Holcomb & McPherson, 1994), rostros (Bobes, Valdés-Sosa & Olivares, 1994) o sonidos ambientales (Van Petten & Riefelder, 1995), aunque su distribución varía según el tipo de material, lo cual apunta a que estos efectos pueden estar relacionados con procesos funcionalmente similares pero anatómicamente diferenciables.

Asimismo, se ha encontrado el componente N400 en experimentos que combinan ambas modalidades (Holcomb & Andersons, 1993), e incluso con frases en las que la última palabra es sustituida por un dibujo que la representa. Ya desde los primeros momentos se constató que no es estrictamente necesario que haya una incongruencia semántica para que se produzca el llamado efecto N400, ya que también se encuentra con frases semánticamente correctas pero que contradicen las expectativas del lector (Nigam, Hoffman & Simons, 1992).

La N400 parece ser relativamente independiente de la modalidad sensorial, encontrándose (con ligeras diferencias en amplitud, latencia y distribución) tanto en lectura con presentación visual palabra a palabra (Kutas & Hillyard, 1980), como en la comprensión de frases presentadas auditivamente (Holcomb & Neville, 1991). Los efectos intermodales indican que la N400 se relaciona con procesos que tienen lugar en redes ampliamente distribuidas que admiten entradas de todas las modalidades sensoriales y pueden integrarlas.

Para evaluar si el efecto N400 se debe a las representaciones creadas por el lector o a las relaciones previamente establecidas entre las palabras, Fischler y Cols. (1983) utilizaron un paradigma que incluía cuatro tipos de frases: verdaderas afirmativas, falsas afirmativas, verdaderas negativas y falsas negativas. Encontraron la N400 tanto en las falsas afirmativas como en las verdaderas negativas, pero no en las verdaderas afirmativas ni en las falsas negativas. Los autores concluyeron que este componente se ve alterado no tanto por el contenido

proposicional de la frase como por la relación semántica existente entre las palabras que la componen. Como se verá, los datos parecen indicar que este componente es sensible exclusivamente a los procesos de integración, pero no a los léxicos.

Los diseños experimentales utilizados con la N400, abrieron el camino para una línea de investigación que con el tiempo se ha ido consolidando y ampliando y que actualmente realiza importantes aportaciones a la electrofisiología y a los campos implicados en el estudio del lenguaje. No obstante otros estudios sugieren que la integración semántica que ha sido vinculada al componente N400, en su lugar podría reflejarse en el P600 (Brower et al., 2012).

En el estudio del procesamiento del lenguaje también ha cobrado importancia otro componente denominado Negatividad Anterior Izquierda (LAN), se trata de una onda negativa con latencia entre los 300 y 500 ms que aparece como respuesta a diferentes tipos de violaciones sintácticas (Osterhout & Mobley, 1995; Münte, Matzke & Johannes, 1997; Gunter, Stowe & Mulder, 1997). Este componente tiene una distribución frontal y lateralizada hacia el lado izquierdo. Esta negatividad se encontró ya en uno de los primeros trabajos de Kutas y Hillyard (1983), y ha sido más recientemente identificada cuando se ha propuesto su relación con el procesamiento sintáctico en oraciones, llevándose a cabo numerosas investigaciones en torno a este componente.

### *1.2.3. Coherencia electroencefalográfica en comprensión de oraciones.*

Hemos visto que los procesos lingüísticos se han asociado a algunos componentes de potenciales relacionados a eventos, concretamente al procesamiento sintáctico, la P600 y LAN. (Osterhout & Holcomb, 1992, 1993). Aunque en los últimos años otros muchos efectos y componentes se han descrito en relación con diferentes aspectos del procesamiento lingüístico, los tres componentes mencionados N400, P600 y LAN, han sido los que más investigación han generado y los que pueden estar directamente relacionados con el procesamiento del lenguaje.

La comprensión del lenguaje es un proceso que involucra distintas áreas, dependiendo de la tarea que se esté realizando. Se han asociado cambios en ondas beta en zonas frontales y parietales izquierdas a tareas relacionadas con el lenguaje (Weiss & Mueller, 2012). Para la recuperación de información lexical en el contexto de la comprensión, participan áreas como el giro temporal superior y medio izquierdo y el giro frontal posterior inferior (Wise, 2003; Indefrey, 2004). Con respecto a las operaciones de unificación lingüística pertenecientes a la fonología, sintaxis y semántica, se llevan a cabo en regiones como el giro frontal inferior izquierdo, el área de Broca y el tejido que la rodea (Indefrey & Cutler, 2005).

Tomando en cuenta los estudios anteriores, otros autores vieron que el análisis de los potenciales relacionados a eventos se queda corto en cuanto a la información que brinda sobre la actividad cerebral. El promediado que surge, enmascara mucha información que se encuentra en la actividad oscilatoria. Es por esto que se comenzó a utilizar el análisis de coherencia electroencefalográfica y su correlación de fase, que consiste en detectar puntos de la corteza cerebral, distantes entre sí, cuya actividad electroencefalográfica esté sincronizada.

Weiss y Rappelsberger (1998) realizaron un experimento donde aplicaron la técnica de coherencia en la comprensión de palabras sueltas. Cuando compararon nombres concretos con abstractos, encontraron diferencias en coherencia entre electrodos en la banda beta (13-18 Hz). Observaron más electrodos en sincronía y una mayor conectividad entre el hemisferio derecho y el izquierdo para las palabras concretas que para las abstractas. Cuando compararon nombres y verbos, hallaron que la coherencia en la banda beta era mayor en los electrodos frontales para los nombres. Estos resultados indican que la dinámica del cerebro es distinta para palabras con distinto tipo de significado y distinta función gramatical.

La coherencia y la potencia entre áreas en las respuestas neuronales oscilatorias se observan en cuatro frecuencias de banda: theta (4-7 Hz), alpha (8-12 Hz), beta lenta (13-18 Hz) y gamma (arriba de 30 Hz) (Bastiaansen y Hagoort, 2006). Aunque es difícil subdividir los efectos relacionados a operaciones específicas en la comprensión del lenguaje, hay estudios que han logrado descubrir asociaciones entre las bandas y los procesos. Los mismos autores asocian las

operaciones de recuperación de información con la dinámica neuronal en frecuencias theta y alpha, mientras que a las operaciones de unificación, las enlazan con sincronización neuronal en las frecuencias beta y gamma.

Se han realizado también investigaciones para determinar cuál es el estado de reposo del cerebro, hablando de actividad y coherencia. Chorlian (2009) encontró que la frecuencia de banda theta muestra una estructura topográfica compleja. Actividad coherente que involucra áreas mediales es distinta a la de zonas temporales. Por otro lado, la actividad alpha tiene una concentración posterior que se extiende a regiones anteriores, mientras que la coherencia beta está más localizada. La coherencia theta tiene tres componentes. Uno de ellos es el de zonas mediales, probablemente generado por conexiones locales y más fuerte en regiones anteriores que en posteriores. Los otros dos componentes involucran zonas periféricas, uno anterior y otro posterior de mayor intensidad. La estructura de la coherencia alpha es diferente, tiene una concentración posterior fuerte y un grado importante de similitud correlacional a lo largo de la zona posterior. Ondas theta interhemisféricas son mayores en regiones centrales, sin embargo, los valores intrahemisféricos centrales bajos, sugieren que las conexiones evidenciadas en esta área son entre hemisferios y no en la línea media. Contrario a esto, en la banda beta, se muestra una elevación de actividad coherente a lo largo de la línea media. A pesar de estos datos aparentemente distintos, la forma del espectro de coherencia es similar en todas las regiones, sugiriendo que la actividad coherente está siendo grabada al mismo tiempo en múltiples zonas cerebrales.

Se ha visto que la banda alpha lenta es más sensible a tareas demandantes como el proceso de atención, mientras que la actividad rápida de alpha se relaciona más a tareas con requerimientos específicos (Klimesch, 1999; Fink et al. 2005). A su vez, el incremento del poder de la actividad theta (Bastiaansen et al. 2002<sup>a</sup>) y la coherencia (Weiss y Mueller, 2003, 2005) se relacionan con el curso correcto de oraciones y el proceso de memoria.

Peña y Melloni (2012) encontraron activación gamma cuando participantes monolingües escuchaban y comprendían oraciones en su idioma nativo y, la misma no estaba presente al escuchar oraciones en otro idioma. Asimismo, estudios

muestran que ondas gamma se ven reflejadas para la predictibilidad de las palabras en una oración y no en las violaciones semánticas (Wang y Jensen, 2012; Wang, Zhu y Cols., 2012).

Profundizando más en este tema, existen propuestas donde en la comprensión de oraciones, la actividad beta se ve reflejada al mantener activas las redes neuronales responsables de la construcción y representación del significado de la oración. De igual forma, esta actividad se presenta en la propagación de las predicciones eferentes (top-down) que hacemos de las palabras que vienen al escuchar o leer una oración. Además beta-1 se relaciona con la integración semántica/pragmática. Unido a esto, se propone que ondas gamma juegan un papel en el esfuerzo atencional y, una sincronización de frecuencias gamma bajas y medias se asocia con una conexión entre una palabra altamente predictiva y el input aferente (bottom-up) lingüístico. Dicho de otra manera, se observan estas ondas cuando al recibir las palabras de la oración, fácilmente podemos predecir las que continúan, debido a que se establece una conexión entre el léxico pre activado y la información entrante, además de la inhibición de las representaciones lexicales que no se eligieron para la predicción. Por lo tanto, si no se presenta esta unión entre lo previo y lo nuevo, no se observa el aumento en gamma o incluso, se podría observar un decremento. Por último, un gamma alto refleja la propagación aferente de los errores de predicción (Weis et al, 2005; Bastiaansen y Lewis, 2015).

Una investigación de Wang y Cols. (2012), propone una relación directa entre la aparición del N400 y oscilaciones beta en hemisferio izquierdo, cuando un sujeto se encuentra con incongruencias en oraciones. Se explica que este tipo de ERP tiene una fuerte aparición en regiones temporales posteriores superiores al identificar incongruencias y, al mismo tiempo, se presenta un decremento de ondas beta en la misma zona.

En otro experimento, Weiss y Mueller (2003) investigaron la sincronización cerebral en la comprensión de oraciones simples. Para ello, presentaron oraciones auditivamente a un grupo de participantes usando la misma técnica que en el experimento citado anteriormente. Las oraciones eran de estructura simple (sujeto-verbo-predicado) y la única tarea de los participantes era intentar comprenderlas.

Con el objetivo de captar los detalles semánticos del procesamiento, la mitad de las oraciones tenían sentido mientras que la otra mitad no (p.ej., “La oveja comía hierba” vs. “El perro comía hierba”). Adicionalmente, hicieron que los participantes escucharan un ruido similar al habla pero sin significado, y lo compararon con la presentación de frases reales. Los resultados mostraron que la diferencia en coherencia entre oraciones reales y ruido era mayor en la banda beta y sólo en la región frontal. La interpretación de los autores fue que la actividad oscilatoria de grupos de neuronas en la banda beta se relaciona con el procesamiento acústico primario de las oraciones. Cuando compararon las oraciones con sentido con las semánticamente incongruentes, la coherencia entre electrodos fue mayor en la banda gamma (más de 30 Hz) para las congruentes. Por tanto, este ritmo rápido o gamma está relacionado con la integración del significado de la frase.

#### *1.2.4.- Hemisferio derecho*

Estudios neuropsicológicos (Petsche, 1996) han mostrado que para la comprensión de oraciones, se espera coherencia entre los electrodos desde el frontopolar, hasta el occipital. Esto, basado en un experimento donde los participantes debían formar una historia con 10 palabras que ya habían aprendido. Los resultados nos indican que para tareas de carácter creativo, se ve involucrado un amplio rango de actividad de distintos sistemas de fibras por todo el cerebro, así como baja coherencia cuando no hay comprensión. De igual forma, este mismo autor ha descubierto que cuando una tarea contiene estímulos de alta complejidad, requiere la intervención de ambos hemisferios. Esta información concuerda con investigaciones de Volf (1999) quien dice que el género de los participantes influye en la coherencia; las mujeres tienden a presentar mayor coherencia interhemisférica y en hemisferio derecho cuando memorizan estímulos verbales.

El hemisferio derecho juega un papel importante en todas las funciones psicológicas superiores, incluido el lenguaje. Aunque bien es cierto que la mayoría de los seres humanos tienen como dominante al hemisferio izquierdo (HI), cada vez más investigadores se interesan por descubrir la implicación del HD en los procesos

cognitivos. Han sido citadas en distintos estudios (Ross y Mesulam 1979, Mesulam 1981, en Juan Carbona y Claude Chevré-Muller, 2001), las características atencionales, espaciales, prosódicos y contextuales del lenguaje, que posee el hemisferio derecho. Éste, es integrador y transmite la información multisensorial, como un todo.

Algunas propuestas sugieren que los lóbulos frontal y temporal derechos parecen encargarse de las aferencias y eferencias no verbales. No obstante, se ha descubierto un pequeño grado de comprensión verbal en el lóbulo parietal derecho, respecto a la selección de nombres y verbos simples. Estos descubrimientos pueden estar relacionados con lo que decía Gardner (1983) años antes, que el hemisferio derecho parece participar en la organización de la narración y en la selección y unión de los elementos a expresar.

Estudios con PREs han contribuido a descubrir las funciones del hemisferio derecho en el lenguaje. Este hemisferio tiene la habilidad y tendencia a hacer un uso más rico del contexto de la información brindada por oraciones y otras estructuras del lenguaje de nivel alto. De acuerdo con Federmeier y Kutas (1999<sup>a</sup>), ambos hemisferios muestran una clara sensibilidad a la congruencia a nivel de oración, con un N400 menor en palabras esperadas que en no esperadas; la magnitud del efecto fue igual en ambos campos visuales.

Se ha visto que mientras el hemisferio derecho parece apreciar similitud entre 2 palabras presentadas sucesivamente, el hemisferio izquierdo parece ser sensible al empalme de una palabra que es presentada y otra que es esperada (pero nunca presentada), dependiendo del contexto. Estos autores suponen que aunque el hemisferio derecho (a veces) aprecia congruencia a nivel de mensaje (global), esto es parcialmente por el proceso a nivel de palabra sobre las relaciones a nivel de mensaje, cuando ambos tipos de información están disponibles. Coulson y Cols. (2005) compararon información a nivel de mensaje contra información a nivel de palabra usando terminaciones congruentes e incongruentes lateralizadas, que podían o no estar asociadas a una palabra de una oración anterior. Ambos hemisferios evidenciaron un N400 con efectos congruentes. En el contexto de las oraciones, las respuestas asociadas a palabras fueron ligeramente más positivas

que las no asociadas. En el hemisferio izquierdo el efecto se presentó sólo para las oraciones incongruentes, mientras que en el derecho, este efecto se presentó para oraciones congruentes e incongruentes presentadas en el campo visual izquierdo/derecho. El hecho de que el hemisferio derecho, pero no el izquierdo, mostró cierto priming asociativo con oraciones congruentes, puede sugerir que este es más sensible a relaciones de palabra-palabra en un nivel alto de contexto que el otro hemisferio. Sin embargo, el hemisferio derecho no parece depender de la información a nivel de palabra como lo hace a la información a nivel del mensaje. Estos datos brindados por los PREs proponen la posibilidad de que la congruencia básica puede ser inferida por medio de una evaluación global de las palabras principales y auxiliares en la oración, sin necesidad de una verdadera construcción coherente a nivel de mensaje.

Se sabe que mucha de la información del papel del hemisferio derecho en la comprensión del lenguaje, surgió del dominio no-literal del procesamiento del lenguaje. Investigaciones con pacientes con daño derecho han encontrado déficits en el lenguaje no verbal, incluyendo problemas con idiomas, bromas y metáforas (Van Lancker and Kempler, 1987; Brownell et al., 1983; Winner and Gardner, 1977 en Federmeier et al. 2008). El procesamiento de este tipo de estructuras del lenguaje requiere no solo de un entendimiento básico de las palabras y oraciones, sino también de la habilidad de reclutar apropiadamente el conocimiento previo y su aplicación o contraste al significado del mensaje en el contexto del mismo. (Federmeier et al., 2008). Estudios anteriores con bromas (Brownell et al., 1983 en Federmeier et al., 2008)) apuntan a una dificultad mayor con la coherencia que con el efecto sorpresa; esto sugiere que la intervención del hemisferio derecho es en el proceso de construcción del significado en sí, y no sólo en el aspecto emocional del procesamiento de las bromas. Otras investigaciones han demostrado que una lesión derecha compromete la prosodia, el procesamiento léxico semántico, y las habilidades discursivas y pragmáticas. Estos componentes se pueden ver afectados individual o conjuntamente, así como en diferente grado. De igual manera, se observó que el discurso es poco informativo, escaso de palabras y divagante. Se pueden presentar dificultades en la comprensión debido a los problemas de

integración coherente; por lo tanto, la abstracción y síntesis se ven comprometidas (Joanette et al., 2008).

Diversos autores han propuesto algunas hipótesis respecto al papel que tiene el hemisferio derecho en la comprensión del lenguaje (Just & Varma, 2007; Prat & Just, 2008; Mitchell & Ross, 2008; Prat et al., 2011. En Prat, 2011, p 642). Entre ellas está una que propone que este hemisferio sirve como una fuente de reserva para el procesamiento del lenguaje con capacidades similares, pero menos eficientes que el homólogo dominante en el hemisferio izquierdo; y otra plantea que el hemisferio izquierdo incrementa su participación cuando las demandas (ej. Complejidad sintáctica) del procesamiento en una tarea de lenguaje supera a los recursos del izquierdo. Es aquí cuando el trabajo restante, pasa al hemisferio derecho. Sin embargo, ninguna de estas u otras teorías está 100% comprobada, por lo que falta mucha investigación en el campo.

La coherencia puede reflejar también operaciones durante el procesamiento de oraciones y muestra un comportamiento específico de varios aspectos de este procesamiento en diferentes rangos de frecuencia. Frecuencias altas de coherencia pueden ser correlacionadas con integración semántica y procesos de análisis. Asimismo, se presenta una tendencia de los estudios recientes de coherencia de frecuencias, a demostrar que la comprensión de oraciones está integrada por distintos procesos (fonológico, morfológico, sintáctico, semántico, pragmático, etc.) y éstos transcurren de manera simultánea. Lo anterior nos indica un trabajo conjunto de distintas áreas e interacción de distintas bandas de frecuencia para poder llevarlo a cabo, dejando atrás teorías donde cada zona era altamente especializada y a cada función le correspondía una ubicación en el cerebro.

### ***1.3.- Comprensión de oraciones según la edad***

Un estudio realizado por Wlotko y Federmeier (2012) buscó determinar la relación entre los cambios cognitivos asociados al envejecimiento y el apoyo en el contexto para la comprensión de oraciones. Los resultados reportan que el reducir el contexto, facilita el procesamiento semántico y que la actividad cerebral asociada a ese proceso se reduce en áreas centro-parietales. Se atribuyó este decremento a

la manera en que se utiliza la información contextual predictiva en adultos mayores; el uso de información contextual puede afectar múltiples aspectos del procesamiento, lo cual se refleja en la actividad negativa frontal izquierda. Los adultos jóvenes mostraban una relación más fuerte entre el N400 y la probabilidad de cierre, además de la correlación entre los mapas y la distribución cerebral del N400 ya conocida. Por otro lado, los adultos mayores, presentaron repuestas moduladas por la disponibilidad de la información contextual, que disminuyen la amplitud cuando la información se presentaba restringida, aunque presentaron un patrón cualitativamente similar a los adultos mayores, así como una distribución cerebral parecida.

Los mismos autores, plantean que los adultos mayores podrían depender de contribuciones paralelas de ambos hemisferios para obtener el efecto de una comprensión normal, por lo que adultos mayores pueden cambiar el balance de las contribuciones para el procesamiento del lenguaje. Aunque esto es una suposición, existe información que sugiere que los adultos mayores dependen de una configuración de actividad hemisférica diferente, comparada con los más jóvenes, cuando hablamos de tareas de lenguaje (Meyer & Federmeier, 2010).

Con respecto a los efectos que pueden tener los cambios evolutivos normales en el procesamiento de oraciones, hay evidencia de que el procesamiento semántico de las oraciones puede declinar debido posiblemente a la lentitud con que se realizan las operaciones encargadas de construir una representación mental del significado. La evidencia proviene de estudios experimentales que emplean técnicas electrofisiológicas como potenciales evocados para obtener información acerca de la respuesta del cerebro frente a determinados estímulos lingüísticos (Federmeier & Kutas, 2002). Un hallazgo de estos estudios es que los adultos de mayor edad usan el contexto oracional con menos efectividad que los jóvenes para activar una palabra cuyo significado sea congruente con esa oración. La explicación es que los mayores requieren más tiempo para que el contexto oracional afecte el procesamiento de una palabra. En otros estudios sobre procesamiento de oraciones se ha encontrado evidencia de que las personas de mayor edad requieren más

tiempo que las jóvenes para responder a preguntas de comprensión (Riffo & Véliz, 2008).

También, el trabajo de Labos, del Río y Zabala (2009) sobre el desempeño lingüístico en el adulto mayor, muestra los efectos de la variable edad en el lenguaje oral y escrito. Se evaluó el desempeño lingüístico en tareas de producción en sujetos de edades entre 20 y 88 años. La muestra fue dividida en 4 grupos de edades: 20-40 años, 41-60 a, 61-70 a y más de 71. Se comprobaron efectos significativos de la edad en las pruebas de: Narración oral y escrita, repetición, evocación léxica, comprensión oral y escrita de frases y lectura y comprensión de texto, donde se registró descenso en la velocidad del pensamiento y déficit en atención en adultos mayores.

## CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

### **2.1.- Sistema funcional complejo**

*Luria (1986) refiere:*

En biología, el término “función” se entiende como la actividad adaptativa del organismo dirigida al cumplimiento de una tarea, tanto fisiológica, como psicológica. Una actividad puede ser realizada de formas diversas, en dependencia de la tarea planteada. De acuerdo con lo anterior, una función es en realidad un sistema funcional, el cual está destinado a cumplir una tarea biológica determinada y asegurado por un complejo de actos intervencionales que, al final, conducen al logro del efecto biológico correspondiente. (p. 25).

El sistema funcional se apoya en una constelación de eslabones dinámicos, que se sitúan a diferentes niveles del sistema nervioso y que, dichos eslabones pueden cambiar, aunque la tarea sea la misma.

La ejecución de cada función o de una tarea presupone la excitación sucesiva o simultánea de los eslabones, por lo tanto, la pérdida o alteración de uno, va a dar como resultado inmediato una reorganización del sistema para poder llevar a cabo la tarea indicada. Es por esto, que las funciones no pueden vincularse a un centro único, sino que tienen una localización sucesiva o simultánea. (Luria 1986)

En el caso de la comprensión del lenguaje, la actividad verbal requiere de una serie de acciones que involucran distintos mecanismos neuropsicológicos, así como zonas cerebrales corticales y subcorticales. Para que se lleve a cabo esta función, primero se debe efectuar el análisis de la composición sonora. Éste análisis consiste en separar los distintos elementos discretos (sonidos) del flujo sonoro continuo, determinar sus características “fonemáticas” esenciales y compararlas con otros sonidos del lenguaje. Una vez que se tiene la palabra y frase, se le debe dar un significado, para esto, se pasan por distintas posibilidades de imágenes objetales previamente adquiridas hasta elegir las correctas, así como la interacción entre ellas. Para que todo el proceso se realice, es necesario el mantenimiento de

la secuencia de los sonidos en la palabra y las palabras en la frase, así como la organización y secuencia adecuadas para la formación correcta de la misma.

En el acto de la comprensión, se requiere de la integridad de distintas regiones: la auditiva en zona temporal izquierda para la discriminación y codificación de sonidos, premotora para la organización secuencial de la oración, regiones posteriores para la asignación del significado visual y regulación y control en zonas prefrontales para el mantenimiento de la atención y de la información durante toda la tarea. (Luria, 1986)

## **2.2.- Comprensión del lenguaje**

La comprensión del lenguaje es un proceso psicológico importante que forma un eslabón básico en la estructura psicológica de la actividad intelectual. (González Hernández, 1997). Comprender significa conocer las conexiones y relaciones que guardan los fenómenos y los objetos del mundo objetivo (Tsvetkova 1995, Luria 1984). La comprensión del lenguaje se vale de la palabra para manifestarse, ésta, conlleva tanto un nivel lingüístico como psicológico (Vigotsky 1979).

El lenguaje, dentro de las teorías cognitivas, se entiende como instituciones sociales, constituidas por un sistema estructurado de signos que expresa ideas y en el cual la palabra es su representación. (Gil, 2002). Así, se postula que el lenguaje tiene tres niveles de mayor o menor complejidad:

- Monemas: unidades de primera articulación, las más pequeñas dotadas de significado. Pueden tener un contenido semántico (lexemas) o bien una función gramatical (morfemas).
- Fonemas: unidades de segunda articulación, las menores de sonido. En español tenemos 24 fonemas, de cuya combinación surgen los monemas.
- Rasgos pertinentes o articulación: unidades de la tercera articulación. Son los movimientos elementales del aparato bucofonatorio, que permiten la emisión de fonemas según las convenciones de cada lengua. (Portellano, 2005),

A diferencia de la visión histórico-cultural, la perspectiva cognitivista

considera dos polos en el lenguaje, el expresivo y el comprensivo, cada uno de ellos ubicados en zonas específicas. El primero incluye la parte opercular y triangular de la tercera circunvolución frontal y que, en relación con la ínsula y los núcleos grises centrales, permiten la realización de los programas fonéticos. Por el contrario, el segundo polo incluye la circunvolución temporal superior y las circunvoluciones de Heschl, así como el lóbulo parietal inferior, el cual desempeña una función esencial en la comprensión del lenguaje oral. Por último, se añade que estos dos polos están unidos por medio de fibras asociativas y en particular por el fascículo arqueado (Gil, 2002).

De acuerdo a esto, aún hoy se manejaría la idea de que ante lesiones anteriores, se mantenía intacta la comprensión del lenguaje oral, y que ésta sólo se afectaba ante lesiones de los sectores posteriores. Así por ejemplo, según la clasificación clásica de Wernicke-Lichtheim (Benson, 1993), la comprensión del lenguaje oral sólo se afecta en la afasia sensorial (de Wernicke), en la afasia sensorial transcortical y en la afasia subcortical, manteniéndose intacta en los otros tipos de afasia (Mejía Constain, Solovieva & Quintanar Rojas, 2002).

Para lograr la comprensión del lenguaje es preciso que se descubra lo que va implícito en la información verbal, hay que entender los significados y los sentidos que conllevan tanto las palabras aisladas como en conjunto; en sus relaciones gramaticales y sintácticas.

Según Luria (1980), para que se dé una exitosa comprensión del lenguaje son necesarias tres condiciones. Primero, el receptor debe percibir y comprender las palabras aisladas, es decir, las unidades léxicas del lenguaje. La composición sonora de las palabras y su significado, son los elementos base para sobre ellos, construir la decodificación del material complejo. En segundo lugar, el que escucha debe comprender la estructura de la oración completa, un sistema compuesto por palabras aisladas, explicado de una forma diferente, debe descubrir el sentido de todo el sistema de palabras mediante el cual se ha formulado un pensamiento determinado.

De acuerdo a la lingüística, el camino que sigue este proceso comienza con la captación de la estructura sintáctica superficial de la oración y luego se pasa por

la estructura sintáctica profunda para llegar al sentido general o a la descripción semántica general de la oración.

Cuando las relaciones sintácticas no son completamente comprendidas, no importa en realidad si el oyente decodifica las palabras correctamente, ya que el sentido de la expresión no se capta y es necesario apoyarse de elementos no objetivos. Por último, el proceso pasa tras la comprensión de las oraciones aisladas, a la “comprensión de la comunicación”.

De acuerdo con Jakobson, hay dos operaciones que subyacen el proceso de la comunicación verbal; la selección, la cual se basa en la semejanza (operación básica de la decodificación) y la combinación, relacionada con la contigüidad. Este autor menciona que la decodificación del lenguaje, se recibe el contexto y se debe hacer un análisis de componentes, ya que la información está sintetizada. Así, la combinación es el antecedente y la selección el consecuente.

### ***2.3.- Neuroanatomía funcional del lenguaje***

#### *2.3.1.- Desarrollo del lenguaje*

Existen diferentes teorías acerca de la lateralización del lenguaje. Una de ellas explica una lateralización lineal en la que se muestran señales de la misma desde el nacimiento, y las diferencias entre izquierdo y derecho permanecen constantes a lo largo de la vida. Otro punto de vista explica una lateralización dependiente de la edad, existen cambios progresivos comenzando por un estado de base simétrico hasta llegar a un estado maduro con el lenguaje del lado izquierdo. Actualmente existe evidencia de que la lateralización del lenguaje se completa hasta los 4 o 5 años. Es por esto que surge otra variante del punto de vista anterior, una degeneración de la lateralización. Esta idea propone que las funciones de un hemisferio cerebral se deterioran antes que las del otro, debido a que las habilidades no verbales parecen declinar a una edad más temprana que las habilidades verbales; debido a lo anterior, se piensa que el hemisferio derecho se

deteriora primero. El hemisferio izquierdo se va convirtiendo en el dominante en este periodo (Stemmer & Whitaker, 2008).

Independientemente de la lateralización, está comprobado que existen cambios anatómicos en el cerebro mayor. La reducción del volumen es indicador del deterioro de ciertas funciones, sin embargo, las características de los hemisferios aún no son claras. En el cerebro adulto se observa un lóbulo frontal derecho más ancho, así como un hemisferio izquierdo mayor (Buxhoeveden & Casanova, 2000). Sin embargo, aún en estas investigaciones, no hay evidencia consistente para establecer un patrón de desarrollo anatómico.

En el envejecimiento normal cerebral, no se observa ningún tipo de patología ni cambios metabólicos en ninguno de los hemisferios ni en ganglios basales. Se ha visto que asociado al decremento de volumen de masa encefálica, aparece un declive en el rendimiento en funciones cognitivas. Por ejemplo, la afectación de la selectividad está relacionada con el deterioro del hemisferio derecho. De igual forma, Flynn (2006) menciona problemas en la inteligencia fluida antes que en la inteligencia cristalizada, lo que se expresa en la capacidad de utilizar el conocimiento previo. Este patrón también se asocia al mayor deterioro de las funciones del hemisferio derecho.

Referente al desarrollo de las funciones, Luria (1973) enfatizó que el desarrollo de habilidades motoras o perceptuales primero consolida elementos de manera independiente para integrarlos y automatizarlos en una serie que liga a una red de funciones superiores. Por esto, no es posible atribuir una función a una región o hemisferio. Cuando un nuevo componente se materializa como consecuencia de maduración o práctica, se automatiza. Cuando hay un cambio en la lateralización relacionado con la edad, debemos establecer la razón del mismo, pues cambia su organización.

### *2.3.2.- Estructuras temporales y frontales involucradas en el lenguaje*

Brown (1977 en Stemmer & Whitaker, 2008) sugirió que el proceso lingüístico involucra a una secuencia de regiones cerebrales profundas y superficiales, comenzando en regiones límbicas bilaterales y terminando en la corteza lateral

izquierda. De acuerdo con esto, la progresión de la activación medial a la izquierda lateral es reflejada en la secuencia de las funciones lingüísticas. Inicia con la activación de las categorías o conceptos semánticos y termina con la selección de fonemas correspondientes a una palabra. Estudios han demostrado que áreas como la corteza temporal inferior y medial y la corteza prefrontal inferior están involucradas en tareas semánticas (Demonet et al., 2005).

De igual forma, se ha demostrado una división en el trabajo dorsal-lateral del lóbulo temporal medial. La región anterior parece ser el soporte de la evocación del significado, consistente con la predicción de Brown de que la corteza paralímbica debe involucrarse en tareas semánticas. Además, la corteza perirrinal, dan soporte a las discriminaciones semánticas requeridas para elegir elementos de las categorías (Tyler et al., 2004).

En cuanto al lóbulo frontal, autores como Frishkoff y Cols. (2004) estudiaron la dinámica de la actividad neuronal en regiones frontales y posteriores (temporal y parietal) durante tareas de comprensión de oraciones. La detección de incongruencias semánticas (250ms) activa la corteza prefrontal (CPF) y el giro cingulado izquierdos. En el intervalo de N400 (300-500ms), fuentes de la CPF izquierda y derecha, corteza temporal derecha y áreas cinguladas anteriores y posteriores, son responsables de la manipulación semántica. Los datos de Tucker y Luu (2006) concuerdan con lo anterior, ya que encontró que mientras la corteza cingulada posterior (CCP) puede encargarse de incrementar cambios en las representaciones en la memoria, la corteza cingulada anterior (CCA), podría ser responsable de los cambios repentinos en el contexto que representan mayores violaciones en la expectativa.

El papel del giro frontal inferior (GFI) en la comprensión de oraciones ha sido investigado por distintos autores. Se ha concluido que existe un incremento de actividad en el GFI izquierdo y bilateral en el surco temporal posterior (STP). En ambas regiones, las oraciones con violaciones mostraron actividad arriba de la línea base, mientras que las que no las tenían, mostraron actividad bajo la línea base. Según Vanenberghe y Cols. (2002), el GFI izquierdo está involucrado en la integración semántica y sintáctica. Se observó que la actividad en esta región es

sensible a la estructura gramatical correcta con palabras con significado. En experimentos con oraciones auditivas se encontró actividad bilateral temporal reducida. Sin embargo, si las oraciones no eran subordinadas, descubrieron un decremento de actividad en el giro lingual derecho. La repetición de las mismas se asoció al decremento de actividad en el GFI izquierdo pero solo cuando eran repetidas en un contexto donde debían ser analizadas; no se encontró nada cuando se escuchaban pasivamente.

Tareas de comprensión de oraciones en línea (formación de oraciones con un juicio explícito) son importantes para el área de Broca por la integración sintáctica, pero también por mecanismos de la memoria de trabajo en el procesamiento del lenguaje (Fiebach et al., 2005). La corteza frontal izquierda es reclutada para este proceso y se ve involucrada en las violaciones sintácticas asociadas con una carga grande en la memoria de trabajo, enfatizando el papel de la memoria en la integración de procesos como comprensión del discurso. Se ha descubierto que al aplicar estimulación magnética transcraneal en la corteza dorsolateral frontal izquierda, se presentan dificultades en tareas semánticas, mientras que en la derecha, aparecen problemas en la información sintáctica. Esto refleja una diferencia importante en los recursos hemisféricos de la memoria de trabajo para la comprensión de oraciones (Caplan et al., 2002).

### *2.3.3.- Diferencias entre hemisferios*

Se han creado modelos que perciben independencia entre hemisferio derecho e izquierdo, con una perspectiva en la que las aferencias auditivas-conceptuales se transmiten por medio del hemisferio izquierdo. Los sistemas con base auditiva van a interferir después con sistemas conceptuales y motores frontales en una segunda área auditiva-motora, localizada en el lóbulo parietal. Esto indica un vínculo directo entre las representaciones conceptuales y los sistemas del lóbulo frontal. Por lo tanto se hipotetiza la convergencia de múltiples aferencias en corteza frontal (Damasio, 1989; Mesulam, 1998; McCarthy & Warrington, 1984, en Malconi, 2008).

Aparentemente cuando un sujeto escucha el discurso después de silencio, la actividad es distribuida equitativamente entre el giro temporal superior izquierdo y derecho (Petersen et al., 1988; Wise et al., 1991). Más tarde, Griffiths y Cols. (1999) propusieron que el lenguaje hablado es el sonido más complejo que existe y, que mediante un rango espectral temporal, podemos identificar todos sus elementos. Este conjunto de información verbal y no lingüística subyace a la comprensión del mensaje verbal y permite al receptor deducir características del emisor. Más adelante, la percepción categórica de una secuencia de sonidos como una palabra, es tan vasta que incluso podemos tolerar distorsiones en la misma, antes de que se vuelva incomprensible. Esto puede significar que varios elementos son procesados paralelamente y que la percepción y comprensión es asistida por procesos eferentes; escuchamos lo que esperamos oír, gracias a lo que escuchamos antes

Ambos hemisferios tienen la capacidad de desempeñar tareas para procesos específicos aunque un lado sea superior o dominante. Hasta ahora, se ha visto que el hemisferio izquierdo es superior para procesar detalles pequeños o focales, y el hemisferio derecho para la configuración global. Sin embargo, cada hemisferio puede asumir ambas funciones hasta cierto punto.

En el campo del lenguaje, el hemisferio izquierdo es típicamente mejor que el derecho para la percepción del discurso y otras tareas fonéticas como rimas y denominación. Es también dominante para determinar si un conjunto de letras forma una palabra y para el análisis sintáctico en la producción y comprensión. El hemisferio derecho es superior en la producción y percepción de prosodia o entonación en el discurso, así como el procesamiento de bromas, metáforas o sentido figurado. Además, se ha evidenciado que también es capaz de producir lenguaje en individuos que nacen sin el hemisferio izquierdo o después de removerlo quirúrgicamente. (Stemmer & Whitaker, 2008).

## **2.4.- Comprensión del lenguaje según la perspectiva soviética**

La comprensión del lenguaje es un proceso psicológico importante que forma un eslabón básico en la estructura psicológica de la actividad intelectual. (González Hernández, 1997). Comprender significa conocer las conexiones y relaciones que guardan los fenómenos y los objetos del mundo objetivo (Tsvetkova 1995, Luria 1984). La comprensión del lenguaje se vale de la palabra para manifestarse, ésta, conlleva tanto un nivel lingüístico como psicológico (Vigotsky 1934).

Para lograr la comprensión del lenguaje es preciso que se descubra lo que va implícito en la información verbal, hay que entender los significados y los sentidos que conllevan tanto las palabras aisladas como en conjunto; en sus relaciones gramaticales y sintácticas.

Luria A. (1978) comenta que en sociedades primitivas, el lenguaje empezó a desarrollarse como medio de comunicación, y así apareció el “lenguaje verbal”. Posteriormente, tuvo una función de designación, así como de generalización y sistematización. Al adquirir una estructura fonética, léxica y gramatical, se convirtió en un “sistema objetivo de códigos” como lo conocemos actualmente. Además apunta el hecho de que cada idioma tiene su propio sistema fonemático rígido (Luria, 1986).

Se considera al lenguaje como una función psicológica superior, la cual posee una naturaleza social, una estructura mediatizada por el uso de signos y símbolos externos e internos y una regulación voluntaria y consciente (Luria, 1969, tomado de Quintanar Rojas y Solovieva, 2002). El lenguaje cumple con varias funciones además de la comunicativa. Otras son la mediatizadora, reguladora, cognoscitiva (intelectual) y emocional. De esta manera se comprende que el lenguaje regula y organiza toda la vida en general; adquiere conocimientos y experiencias, organiza y expresa las impresiones emocionales y afectivas. (Quintanar Rojas & Solovieva, 2002)

Luria A., (1986) postula en su obra que existen dos rasgos que caracterizan al lenguaje humano. Uno de ellos es su origen y estructura, afirmando que el lenguaje se forma como un sistema objetivo determinado por el idioma, por lo que

tiene sonidos especiales para la comunicación. El otro rasgo es el fisiológico, el cual el lenguaje se constituye por un complejo de sonidos producidos con la intervención del aparato fonoarticulatorio. El autor recalca la importancia de este aparato, asegurando que sin su participación no se puede producir ni percibir con claridad.

Luria (1986) señala que en una determinada etapa del desarrollo, en el lenguaje aparecen formas gramaticales que reflejan no sólo los objetos aislados, las acciones y cualidades, sino también las complicadas relaciones entre los mismos. En el lenguaje la expresión de estas relaciones se lleva a cabo por ciertos medios, entre los que se encuentran el sistema de flexiones, el orden de las palabras en la oración y las distintas palabras auxiliares (preposiciones, conjunciones, entre otras) que constituyen medios especiales de transmisión de las relaciones. Todo esto conforma el sistema en que se basa la sintaxis del lenguaje.

La comprensión de la estructura sintáctica de la oración, empieza a aparecer como la transición de la frase misma de las estructuras sintácticas superficiales a las estructuras sintácticas profundas y, desde ahí, hacia la descripción o inscripción semántica, es decir a la representación del significado de la oración.

¿Cómo tiene lugar este proceso de decodificación del significado de la oración y qué condiciones exige?. A primera vista puede parecer que la comprensión de frases simples no presenta dificultades visibles, pero incluso las oraciones más simples presentan las mismas polisemias que las palabras aisladas.

La adecuada comprensión de construcciones relativamente simples, exige la participación de un contexto semántico. Con objeto de comprender el lenguaje de los demás, se debe captar el tipo de contexto en el que se produjo el enunciado. Si no se cumple esta condición, el significado general del enunciado se pierde por completo. Si se cumple, una persona puede captar el significado de un enunciado aunque venga expresado de una forma muy fragmentaria (Luria, 1980).

“La comprensión de una palabra no es un simple proceso de conocer su significado inmediato, sino un proceso activo de selección entre varias alternativas posibles” (Luria, 1980, p. 126). Esto sucede debido a que cada palabra puede activar, al mismo tiempo, las palabras con las que se relaciona (ya sea por compartir categoría semántica o por similitud fonológica). Este proceso puede verse

obstaculizado por la fatiga causada en el estado de alerta, aún con un funcionamiento adecuado de la corteza. Por lo tanto, en la patología se pueden llegar a observar dificultades para la selección que van a depender de la localización del daño.

La corteza temporal secundaria izquierda está involucrada en la audición fonémica, es decir, la diferenciación de los sonidos del lenguaje y en el procesamiento del significado de conceptos, por lo que una alteración en esta zona, puede comprometer los componentes lexicales de la expresión verbal. El trabajo de las regiones terciarias parietooccipitales izquierdas descomponen el análisis y la síntesis espacial, se ven implicadas en la conversión de la información, recibida de un modo sucesivo, en esquemas simultáneos. Además están asociadas a la semántica debido a que las palabras conllevan una representación, donde son necesarias características específicas y globales de cada objeto, así como sus relaciones con otras palabras. De esta forma, el daño cerebral de estas áreas conduce a alteraciones en las relaciones lógico-gramaticales, así como en la consolidación de la imagen objetual que está ligada al significado de la palabra. La contribución de las zonas premotoras izquierdas en la decodificación del lenguaje, las cuales anteriormente se creían exclusivas de la producción verbal, se manifiesta en la melodía cinética y altera los procesos del discurso fluido y desarrollado. De igual forma, se ha visto que intervienen en la lectura en silencio (Fiez & Petersen, 1998) y en la selección fonética adecuadas (Zatorre et al., 1992). Finalmente, los lóbulos frontales se encargan principalmente de la actividad dirigida hacia un objetivo y el daño puede dar lugar a una desintegración de los programas adquiridos, por una serie de estereotipos, asociaciones incontroladas o contaminaciones. Distintos estudios han encontrado que la generación de palabras, se puede relacionar con la activación de varias áreas cerebrales y no solo las clásicas de Broca y Wernicke, este proceso va a depender de las características específicas de las palabras que deseemos evocar, su complejidad, categoría gramatical y semántica, morfología y significado, entre otros. Es precisamente por esto que, para lograr la comprensión del lenguaje, se requiere el trabajo de un sistema funcional complejo.

En la perspectiva de Luria, el diagnóstico se establece a través de un proceso complejo de identificación del factor o factores que dificultan o imposibilitan la ejecución del paciente. Lo que plantea en sí mismo, una hipótesis interesante acerca de las relaciones entre la psique y el cerebro. Dentro de esta aproximación, la evaluación y la rehabilitación constituyen un proceso dinámico inseparable, es decir, ambos procedimientos se encuentran en una interrelación dialéctica (Quintanar, Solovieva, 2002).

Como se ha visto, entonces, el proceso de decodificación del lenguaje incluye tres estructuras principales: la comprensión de unidades lexicales (significado de cada palabra), comprensión de estructuras sintácticas y comprensión del sentido de la expresión que incluye el paso del sentido externo al interno. (Luria, 1980).

## **2.5.- Oraciones de género y número**

Fiederici (2011) afirma:

El procesamiento de oraciones consta de tres fases después del análisis acústico fonológico. En la primera fase a nivel de oración, la frase se construye en la base de la información categorial. En la segunda, se presentan las relaciones sintácticas y semánticas de la oración. Esto incluye relaciones entre elementos y la asignación de los roles. Una vez que ambos tipos de información son interpretados, la comprensión llega fácilmente... Sin embargo, para oraciones de estructura compleja aparece una fase más, donde se integran los tipos de información incluyendo el contexto o el conocimiento previo. (p. 1358).

La escuela de Moscú desarrolló el modelo sentido-texto para tratar de describir los niveles por los cuales se realiza el paso del pensamiento al texto y viceversa, así como sus reglas principales. Este modelo sentido-texto tiene tres niveles: 1) el primer nivel, más profundo, es el de las representaciones semánticas

o rasgos semánticos, que incluyen unidades elementales de significado (semas), y se refieren al sentido original que se intenta expresar; 2) el segundo nivel es el de las estructuras sintácticas profundas, integrado por un árbol de unidades de dependencias en cuyos nudos ya no están los semas, sino los símbolos de las unidades léxicas profundas. Luria (1975) propone que el paso de los rasgos semánticos, a las estructuras sintácticas profundas, se realiza gracias al lenguaje interno; y 3) el tercer nivel, el de las estructuras sintácticas superficiales, se refiere a la transformación de las estructuras sintácticas profundas en estructuras sintácticas superficiales, que obtienen posteriormente un sucesivo desarrollo morfológico, fonológico y fonético (Melchuk, 1970).

La sintaxis se refiere al estudio de las palabras clasificadas por la función que cumplen en la oración. Incluye la construcción de las oraciones y las diferentes combinaciones de éstas para crear los distintos tipos de textos (Leal Carretero, 2009 p. 94).

La oración, en el habla hispana, siempre tiene la misma estructura básica: sujeto y predicado. No importa cuán larga o compleja sea, la estructura sigue siendo la misma, lo que cambia son sus componentes.

Cuando se habla del sujeto, se refiere a la persona u objeto del que se habla en la oración. Éste se divide en tres tipos: nombre propio, pronombre y grupo nominal. Con respecto al predicado, se puede decir que en su estructura, siempre se va a encontrar por lo menos una forma verbal y complementos, los cuales van a predicar algo sobre el sujeto. El verbo puede aparecer de tres formas distintas: en infinitivo, gerundio o participio; mientras que los complementos pueden ser: objeto directo, indirecto, de tiempo, lugar, modo, fin, causa o condición.

Para dar coherencia y cohesión a una oración, se necesitan tres aspectos básicos: a nivel fonológico, que las sílabas que componen las palabras se encuentren jerarquizadas en tono a uno o varios picos sonoros; a nivel sintáctico, ordenar de manera adecuada las palabras de la oración, es decir, que cada uno de los elementos cumpla con la función que le corresponde de acuerdo a las características de las palabras y su posición en la oración; por último, a nivel

morfológico que se basa en la concordancia en género y número entre el sustantivo y sus acompañantes.

La concordancia en género y número se puede observar dentro del mismo sujeto, donde el sustantivo y los complementos comparten la misma flexión (“**Las flores bonitas**”), y todos los elementos se encuentran en masculino o femenino y en singular o plural; pero también se puede observar concordancia entre el sujeto y el predicado, donde la unidad de la oración se manifiesta morfológicamente porque la forma verbal y el predicado son coherentes en número con el sujeto (“**Los adolescentes comen mucho**”). Al igual que las terminaciones de los sustantivos y sus acompañantes, las terminaciones de los verbos forman parte de la flexión. (Leal, 2009. P 142 – 144).

#### *2.5.1.- Mecanismos psicofisiológicos implicados en la comprensión de oraciones de género y número.*

La mayor parte de las investigaciones sobre el lenguaje se han realizado dirigidas hacia un síntoma en específico (fluencia, comprensión, repetición y denominación) basándose en la aproximación clásica del modelo de Wernicke-Lichtheim. Sin embargo, estos criterios son propensos a contradicciones cuando se estudia la patología, ya que, como se revisó anteriormente, las áreas cerebrales no cumplen con una función particular, sino que pueden verse involucradas en distintos procesos.

Luria (1962) y Mesulam (1990, 1998), postulaban que el área de Broca representa un cuello de botella en la transformación de las representaciones neuronales secuenciales. Estas sirven de input a otros procesos lingüísticos en otras regiones, como la construcción ordenada del discurso, la planeación del mismo y el uso práctico de la información semántica. De la misma manera, se describió al área de Wernicke como la coordinadora del lado léxico/semántico en el proceso del lenguaje; además se le asignó un papel en el proceso fonológico y de retención.

Dentro de la neuropsicología soviética, se ha estudiado el trabajo conjunto de zonas especializadas, es decir de los factores o mecanismos neuropsicológicos. La mayoría de las investigaciones se realizan como estudio de caso con sujetos lesionados; esto nos ha llevado a llegar a una aproximación sobre las áreas cerebrales que se involucran en las funciones psíquicas superiores.

Las investigaciones realizadas a través de los años, nos muestran que ante diferentes lesiones, la comprensión del lenguaje se ve comprometida de formas diferentes. Una lesión en zonas secundarias de la corteza temporal izquierda, va a provocar una alteración en la audición fonémica, pero mantiene conservada la entonación y la melodía del lenguaje. Los pacientes con estas alteraciones no pueden reconocer palabras aisladas o comprender el significado de las mismas, debido a su composición fonémica; aunque el sentido emocional se conserva. “Frecuentemente tales enfermos, que conservan la capacidad de síntesis de los elementos sucesivos en esquemas simultáneos, pueden, en cierto modo, apreciar la estructura general de la oración a pesar de que no pueden comprender los elementos léxicos individuales.” (Luria, 1980)

A diferencia de lo anterior, si se presentan lesiones en regiones parietales inferiores y parietooccipitales del hemisferio izquierdo, se muestra un cuadro diferente. Las áreas terciarias, las cuales son las últimas en desarrollarse por completo, se encargan de convertir la información en esquemas simultáneos, por lo que, las afectaciones no se reflejan en la discriminación de fonemas y conservan la comprensión de unidades léxicas. Principalmente, los problemas de estos pacientes aparecen cuando intentan unir palabras en estructuras semánticas profundas. Un ejemplo de esto, sería la comprensión de oraciones compuestas de estructuras gramaticales complejas, donde se debe identificar el sentido de la relación (genitiva, pasiva, comparativa) que hay entre las palabras u objetos que contiene dicha oración, para acceder a la comprensión completa. La persona es incapaz de combinar los elementos individuales en un sistema de subordinación gramatical.

Como se vio anteriormente, en la comprensión del lenguaje podemos ver la participación de todos los factores, dependiendo de las características del discurso expresado o recibido. Cuando hablamos específicamente de la comprensión de

oraciones de género y número, hablamos de un proceso menos complejo que el del discurso completo. Estos ejemplos nos permiten ver que el trabajo activo de varios factores neuropsicológicos, así como el dinamismo entre ellos, subyacen a la decodificación del lenguaje.

La comprensión de oraciones requiere del procesamiento de una secuencia de palabras así como de analizar su organización sintáctica y semántica para crear una representación correcta de la oración completa. Esta elaboración necesita del mantenimiento del estado de actividad en el significado de la palabra y en las relaciones sintácticas entre palabras (Just & Carpenter, 1992).

En relación a lo anterior, existe un componente dentro de la comprensión que, conforme a la literatura, constituye un eslabón muy importante para su correcta asimilación. “Una comunicación compleja incluye en su composición el paso frecuente de un eslabón (o fragmento) a otro y este paso exige la constante mutación de un elemento a otro y, por consiguiente, la plasticidad de los procesos nerviosos.” (Luria, 1980). Cuando existen alteraciones en este mecanismo, las personas no pueden pasar de un fragmento articulatorio a otro, sin embargo, los sonidos individuales y, en ocasiones, las sílabas, se encuentran conservadas.

Las investigaciones realizadas a sujetos con lesiones en la corteza premotora, o específicamente en el área del lenguaje, nos han permitido relacionar al factor de organización secuencial motora con la concordancia entre el género y el número en las oraciones. Luria (1980), reporta que la sintagmática se encuentra severamente alterada, así como la función predicativa del lenguaje. Es decir, que el paciente puede ser capaz de denominar objetos aislados pero no de expresar una frase coherente y fluente. Es también frecuente que las personas con alteraciones, no puedan actualizar correctamente el verbo, lo cual significa que cometen errores al conjugarlo en la persona y tiempo correspondientes.

Luria (1980), en *Fundamentos de Neurolingüística*, refiere que algunos autores como Ombredane (1951) señalaron que en estos casos se pueden observar dificultades definidas en la comprensión de las construcciones gramaticales complejas que exigen transformaciones intermedias y, por consiguiente, se apoyan en el lenguaje interior. Sin embargo, se ha descubierto que la base sintagmática de

la comunicación verbal, es lo que altera el lenguaje impresivo de estas personas. Las dificultades mencionadas, surgen en el análisis de la expresión coherente, en la correcta percepción de los elementos sintácticos de la expresión recibida, en la apreciación de la estructura prosódica y, esto va a afectar el sentido del lenguaje.

En cuanto a las relaciones de concordancia entre el sujeto y su género y número y, el verbo y su correcta conjugación, vemos que los pacientes son incapaces de captar las incongruencias de las expresiones cuando se combinan los elementos. La razón es que el sentido verbal contextual o coherente está desintegrado, mientras que el sentido directo o literal, se mantiene (Riabova, 1968). En las cuestiones de comprensión de formas complejas del lenguaje contextual, la melodía y entonación distinguen partes de la comunicación y unen fragmentos del texto separados físicamente pero que constituyen una estructura sintáctica completa (Luria, 1980).

Lo explicado previamente son las consecuencias del agramatismo. Éste es un síndrome que se caracteriza por la producción defectuosa de palabras sustantivas aisladas con ausencia relativa de palabras con una función gramatical (Ardila, 1984). Otros autores como Hécaen, proponen que el agramatismo puede dividirse en dos: el empobrecimiento de reglas sintácticas y la reducción de lexemas en el discurso. Esto último se refiere a la pérdida de los términos relacionales y a la fragmentación de la estructura gramatical propuestos por Goodglass y Geshchwind (1976).

## **2.6.- Coherencia electroencefalográfica**

Dentro de los procesos o fenómenos biológicos del ser humano, se ha observado que existe sincronía en el cerebro a nivel neuronal de forma individual o incluso entre distintas áreas de la corteza. Esto permite el intercambio simultáneo entre las redes, utilizando diferentes frecuencias sinápticas. La integración funcional ocurre cuando varias redes concuerdan selectivamente mediante la sincronía de diferentes frecuencias (Ibáñez y Guevara, 2011).

En distintos estudios realizados, principalmente por Weiss y Mueller (2003), se propone la existencia de redes funcionales transitorias para el lenguaje, a diferencia de los “centros del lenguaje” ya conocidos. Esto se ha estudiado principalmente con potenciales relacionados a eventos; sin embargo, los estudios donde se ha realizado un análisis de coherencia electroencefalográfica entre los diferentes sensores de registro, han sido más eficientes para detectar la sincronización.

El electroencefalograma consiste en la medición y representación gráfica de las oscilaciones de voltaje registradas por electrodo a lo largo del tiempo.

Para obtener la información que relaciona las distintas regiones de la corteza cerebral implicadas en la generación de la actividad del EEG, es posible recurrir a la técnica de análisis de coherencia. Los valores de coherencia se calculan a partir de la aplicación transformada en ventana de Fourier a las señales EEG. Como resultado de este algoritmo, se obtiene la matriz de densidad espectral cruzada que contiene información cuantitativa sobre la relación existente entre los componentes de frecuencia elementales de las señales eléctricas registradas simultáneamente en diferentes áreas (Cantero-Lorente, Atienza, y Salas, 2000).

La actividad electroencefalográfica es generada por la actividad conjunta de millones de neuronas corticales influenciadas por la interrelación de la actividad entre regiones corticales y subcorticales. Se puede definir la actividad EEG como las oscilaciones de voltaje originadas por las corrientes iónicas intra y extraneuronales en una gran población de células dispuestas en forma radial a la superficie, que se activan sincrónicamente. Las corrientes iónicas están dadas principalmente por los potenciales postsinápticos, tanto excitatorios como inhibitorios.

El registro y análisis de la actividad electroencefalográfica han sido usados durante muchos años como una herramienta que permite examinar la funcionalidad cerebral en relación con diferentes estados fisiológicos, manipulaciones hormonales y farmacológicas o ante la resolución de diferentes tipos de tareas.

Se entiende por electroencefalograma el registro continuo de las fluctuaciones espontáneas de voltaje generadas por el cerebro (John et al., 1977) y se presenta por una gráfica de voltaje en función del tiempo.

Durante la ejecución de procesos sensoriales u otros que impliquen el proceso cognitivo de distintas áreas (las cuales pueden estar físicamente distantes) del cerebro, se da una interacción entre las mismas por medio de conexiones recíprocas.

Estas interacciones pueden reflejarse en las señales de EEG de varias formas:

- Las señales muestran un pico dentro de una ventana de tiempo (ej. Sincronía a nivel de neurona).
- La diferencia de fases entre las señales es relativamente constante
- Existe una interdependencia estadística entre las señales.

La conectividad dinámica se mide típicamente como una forma de interdependencia entre las señales de parejas de electrodos (Alba, 2007). En este estudio, se realiza un análisis de coherencia estadística.

El cálculo de la coherencia electroencefalográfica es un método cuantitativo que permite medir la dependencia entre dos áreas distantes en el cerebro y su expresión en la actividad del EEG. Los registros de la coherencia de EEG es una medida a gran escala que muestra interacciones dinámicas funcionales entre las señales de los electrodos. Una coherencia alta entre las señales registradas en el EEG, en diferentes sitios del cráneo, nos orienta a la interacción funcional entre las redes neuronales que le subyacen (Weiss, 2003).

La coherencia nos brinda una herramienta de análisis mediante el cual, el contenido de dos registros pueden ser monitoreados y cuantificados. También puede ser interpretada como una medida de estabilidad de la fase entre los mismos componentes de frecuencia de dos señales de EEG registradas al mismo tiempo. Alta coherencia entre dos señales, significa que hay una alta cooperación y sincronización entre las regiones cerebrales, dentro de una misma frecuencia de banda. (Weiss y Mueller, 2003)

La coherencia entre electrodos distantes reta a la visión localizacionista sobre la función del lenguaje que plantea que puede ser atribuida al trabajo de los “centros del lenguaje”. Los estudios han demostrado la existencia de redes funcionales del lenguaje que, en ocasiones, solo aparecen por un periodo muy corto. Estas redes funcionales dependen del tipo de estímulo verbal, la tarea y la experiencia individual de cada sujeto realizando la consigna. De igual manera, las redes funcionales del lenguaje, pueden brindar una explicación a la recuperación espontánea que sucede en los afásicos. Después de cierto tiempo, se da una reorganización neuronal funcional y otras poblaciones neuronales se incorporan a la actividad para garantizar la realización de la actividad verbal.

### **CAPÍTULO III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El enfoque neuropsicológico histórico cultural, desde los trabajos desarrollados por A. R. Luria, propone que la comprensión del lenguaje sucede en base a un sistema funcional complejo y dinámico, constituido por diferentes factores neuropsicológicos. Específicamente, para la comprensión de oraciones de género y número, participan los factores de organización secuencial motora y retención audioverbal (Quintanar, Solovieva, León-Carrión, 2011). Tales factores abarcan, además del trabajo en conjunto de varios sectores cerebrales para el procesamiento de oraciones, zonas premotoras y temporales medias del hemisferio izquierdo.

Se han realizado investigaciones con PREs para conocer la actividad cerebral asociada con los procesos de comprensión de oraciones, mediante experimentos con paradigmas con oraciones que contienen en su estructura elementos incongruentes. Los resultados de estas investigaciones demuestran un incremento en las latencias de la actividad cerebral en áreas centroparietales, correspondiente al componente N400 conforme aumenta la edad de los participantes. Otros resultados, referidas al procesamiento de comprensión de género y número reportan actividad en zonas anteriores o posteriores (dependiendo de la modalidad del estímulo) del componente P600. No obstante, no se han realizado estudios sobre conectividad funcional de la actividad cerebral en paradigmas de oraciones que no incluyan violaciones en sus construcciones. Por lo tanto, es posible preguntarnos:

**¿Cuáles son las características de la actividad cerebral en el proceso de la comprensión de oraciones de género y número en sujetos sanos?**

### **3.1.- Objetivos**

#### General

- Conocer la actividad eléctrica cerebral asociada comprensión de oraciones de género y número asociada a la edad.

#### Específicos

- Analizar los tipos de respuestas que los sujetos emitan ante el paradigma presentado en base al modelo Histórico Cultural
- Identificar las zonas y su latencia de activación asociadas a la comprensión de oraciones de género y número en sujetos sanos.
- Correlacionar el funcionamiento de los sistemas funcionales complejos al comprender una oración de género y número con la actividad cerebral que la garantiza.
- Caracterizar las respuestas electrofisiológicas de sujetos sanos de cuatro grupos de edad, al comprender oraciones de género y número.

### **3.2.- Preguntas e hipótesis**

¿Cuál es la conectividad funcional de la actividad eléctrica cerebral que subyace a la comprensión de oraciones de género y número en cuatro grupos de sujetos sanos?

#### **Hipótesis General**

- El análisis de coherencia (de dipolos o fuentes generadoras) nos permitirá observar los cambios de procesamiento cerebral durante la comprensión de oraciones de género y número, en las distintas bandas de frecuencia del EEG (theta, alfa y beta).

#### **Hipótesis Específicas**

- A mayor edad, la banda de frecuencia que subyace a la coherencia, cambiará dependiendo de la edad de los sujetos.
- La coherencia en las bandas theta, alfa y beta cambiará en los sujetos mayores de 50 años, en comparación con el grupo joven.
- A mayor edad, el tiempo de respuesta conductual de los sujetos, será mayor.
- Los sujetos presentarán activación de zonas frontoparietales izquierdas, al comprender una oración de género y número.
- No se esperan diferencias en el tipo respuestas conductuales en la variable de respuestas correctas entre grupos.

## CAPÍTULO IV.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1.- Diseño Experimental Y Participantes

La presente investigación se considera preexperimental descriptivo correlacional de corte transversal.

Para el presente estudio se realizó un muestreo por conveniencia. Participaron 42 sujetos sanos divididos en 3 grupos de edad:

1. Edad: 18 – 29 años
2. Edad: 30 – 49 años
3. Edad: 50 en adelante

Los sujetos tuvieron una media de 38.19 años y la muestra constó de 23 hombres y 19 mujeres. La participación fue voluntaria y antes de comenzar la evaluación, se les solicitó firmar un consentimiento informado.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>• Escolaridad mínima de preparatoria completa</li><li>• Sujetos de 18 años en adelante</li><li>• Diestros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteraciones en el lenguaje</li><li>• Impedimentos motores/físicos para ejecutar el paradigma</li><li>• Antecedentes neurológicas o heredofamiliares</li><li>• Condiciones genéticas</li><li>• Enfermedades orgánicas</li><li>• Antecedentes psicopatológicos</li><li>• Zurdería corregida (comenzaron siendo zurdos pero los obligaron a usar la mano derecha como dominante)</li><li>• Uso de sustancias</li><li>• Antecedentes psiquiátricos</li><li>• Historial de Traumatismo Craneoencefálico y/o Evento Cerebro Vascular</li></ul>

En calidad de evaluadores se consideran 2 residentes de neuropsicología.

#### **4.2.- Instrumentos y Procedimiento**

Primero, se le aplicó a los sujetos el Montreal Cognitive Assessment (MoCA: Nasreddine, Z., 2003), el cual se utilizó como screening para descartar alteraciones neuropsicológicas. La calificación es por medio de puntajes. El puntaje igual o superior a 26 se considera normal.

Se aplicó un paradigma experimental, montado en el software de estimulación E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc., 2002), construido en base a tareas de la prueba de Evaluación Clínico Neuropsicológica de la Afasia Puebla-Sevilla (Quintanar, Solovieva, Carrión, 2011). El paradigma incluye 60 estímulos, en las cuales el sujeto escucha una oración, e inmediatamente después se le presentan, en la pantalla de una computadora, tres imágenes (correspondiente, cercana, lejana) y un cuadro en blanco. El sujeto debe señalar la imagen correspondiente a la oración que escuchó.

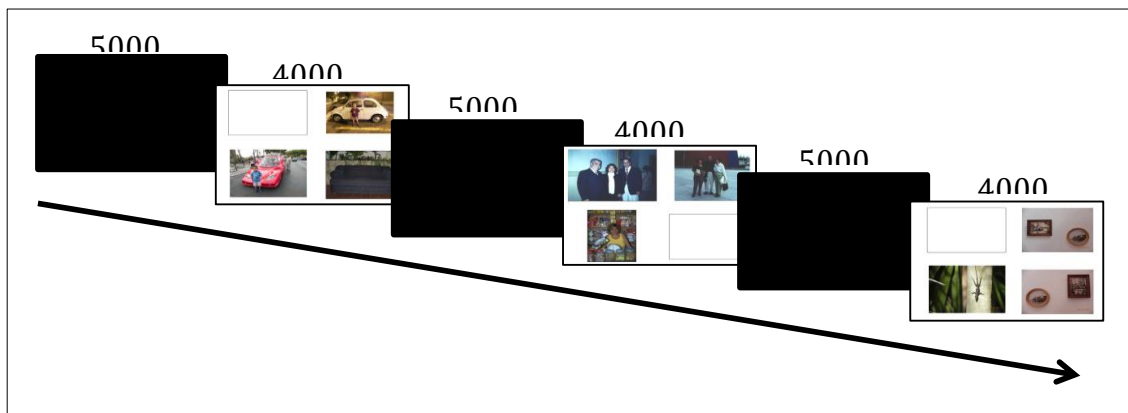
Los estímulos comparten los criterios de tareas de comprensión de oraciones de género y número de la prueba citada, que caracterizan el estado funcional de dos factores neuropsicológicos: cinético y de retención audioverbal.

Se utilizó un montaje de referencia promediada según el sistema internacional 10-10 y así se obtendrá un registro monopolar mediante el equipo de registro "Brain Vision actiCHamp 64". La frecuencia de muestreo será de 500 Hz; el filtro pasabandas se colocará en 0.1 a 50 Hz. Se registró la actividad sincronizada con la tarea en 64 derivaciones. A partir del registro electroencefalográfico, se obtuvieron los PREs y la coherencia ante la presentación de las oraciones seleccionadas.

Se registró en una habitación sonoamortiguada y con luz tenue. Los participantes estarán sentados cómodamente a 60 cm de una computadora de 17".

La instrucción que se les proporcionó consistió en lo siguiente: "Ahora va a escuchar una oración, por favor hágalo atentamente y señale en la pantalla, el cuadro (dibujo) que le corresponda. Si ninguno de los cuadros (dibujos) le corresponde a la oración que escuchó, por favor señale este cuadro vacío, respondiendo a través del ratón".

El experimento inicia con la pantalla vacía, fondo color negro. Los sujetos escuchan las oraciones a través de auriculares con una duración de 5000 ms. En seguida, los estímulos que representan las opciones de respuestas a las oraciones se presentan, con una duración de 4000 ms. Se registran sus respuestas (correctas o incorrectas), según la imagen señalada en correspondencia con la oración escuchada. Posteriormente aparece el nuevo estímulo, con un espacio entre ensayos de 200ms. El orden de aparición será predeterminada, realizaron 2 paradigmas con mismos estímulos pero distinto orden y se va alternando la asignación.



El paradigma se aplicó en citas únicas contempladas en un horario de 9 u 13 horas. Las mismas fueron individuales con duración aproximada de 1 ½ horas a 2 horas. Además se destinó una entrevista previa con fines de corroborar el cumplimiento de los criterios de inclusión de los participantes del estudio.

#### **4.3.- Análisis estadístico conductual**

Se corrió un análisis de Kolmogorov-Smirnov para la distribución de los datos conductuales del grupo. Después se realizó un análisis Kruskal-Wallis con el fin de comparar las variables entre grupos.

El análisis cualitativo considerará las respuestas de los sujetos en los cuatro grupos de edad asociadas a los componentes de los PREs registrados y a la teoría Neuropsicológica Histórico Cultural.

#### **4.4.- Análisis de datos de EEG**

Después de aplicar filtros para artefactos y eliminar a los registros de EEG que no podían ser leídos ni analizados, la muestra del experimento se redujo a 24 sujetos. Para realizar el análisis de los datos obtenidos en el EEG nos basamos en la metodología de una investigación realizada por Wen-Chi y cols. (2015).

##### *4.4.1.- Componente de análisis independiente (ICA) y localización de la fuente de dipolos.*

Para analizar los datos se utilizó el EEGLAB corrido en Matlab R2012a. El EEG fue filtrado digitalmente para retener frecuencias entre 0.5 Hz y 32 Hz y luego se configuró a 250 Hz. El ruido muscular de alta frecuencia y artefactos irregulares se removieron con la función de AAR1.3 (Automatic Artifact Removal) y con inspección visual. Los datos restantes fueron analizados con un Análisis de Componentes Independientes (ICA), usando la función de "57única" en EEGLAB. ICA asume que la actividad temporal del cerebro, desde múltiples fuentes, son estadísticamente independientes. El proceso de ajuste de dipolos se realizó para localizar las fuentes equivalentes de dipolos. Estas son representadas en tres coordenadas dimensionales, para cada componente basado en su topografía en el cráneo. El proceso está basado en el *'boundary element head model2'* e implementado en la rutina del DIPFIT2, un plug-in del EEGLAB. Para el análisis posterior, se seleccionaron los dipolos con localización equivalente, dentro de la cabeza y con varianza menor a 15%. Después de la localización de dipolos, los datos de EEG fueron separados en épocas de 7 segundos. Cada época se segmentó en 1 segundo antes del primer estímulo y 6 después (-1000~5000 ms). El intervalo desde los -1000 ms a 0 ms fue usado como línea base. Cada época contuvo un estímulo auditivo. El máximo y mínimo número de épocas fueron 86 y 37 el promedio de épocas de los sujetos fue de 50.7.

#### 4.4.2.- Análisis de agrupación de componentes independientes

El agrupamiento de los componentes independientes (IC) y análisis grupal se realizó con la función de STUDY del EEGLAB. El análisis de agrupamiento se realizó de la siguiente manera. Primero, fueron calculados: el componente de espectro de potencia, potencial relacionado a evento (PRE), análisis de perturbación espectral relacionado a evento, coherencia inter-ensayo y la topografía de cada componente. Segundo, Con excepción de la *localización de la fuente del dipolo*, que se realizó en 3 dimensiones, las otras medidas se comprimieron en 10 dimensiones usando el '*análisis principal del componente*' (PCA). En total resultaron 53 dimensiones espaciales. Finalmente, el agrupamiento de la K-media se utilizó para un grupo de componentes independientes de todos los sujetos, resultando 40 agrupaciones. Para poder normalizar la varianza, se asignaron diferentes pesos: al dipolo, 20; ERSP, 0; y las otras medidas (espectro, PRE, coherencia inter-ensayo, topografía) tuvieron un peso de 1. Los Ics que tuvieron una desviación estándar mayor a 3, se rechazaron. Las agrupaciones con ruido y movimiento ocular o muscular, no se consideraron. Después de esto, resultaron 8 agrupaciones. El proceso de agrupación de componentes se usa para identificar los componentes con mayor espectro de potencia, proyecciones craneales y dipolos de múltiples sujetos comparables. Esta investigación tiene como objetivo relacionar la comprensión de oraciones de género y número con su actividad cerebral. Por lo tanto, se identificaron y seleccionaron las suficientes agrupaciones para el siguiente paso de análisis: frontal, frontotemporal, temporal y occipital izquierdos. Para determinar las diferencias entre los grupos, se realizó una corrección de Bonferroni, dentro de las funciones del EEGLAB.

## CAPÍTULO V.- RESULTADOS

### 5.1.- Resultados conductuales

De acuerdo con las hipótesis planteadas al inicio, se muestran los resultados conductuales del paradigma experimental para la comprensión de oraciones.

Se presentan, a continuación, datos de los 42 sujetos separados en 3 grupos dependiendo de la edad.

En la Tabla 1 se expone que todos los sujetos, sin importar la edad, tienen una media de 95.69% ( $DS_{\pm} 5.33$ ) de aciertos, es decir, contestaron correctamente cuando se les pidió relacionar la oración escuchada con la imagen correspondiente. Aun cuando se observa una disminución de aciertos conforme aumenta la edad, esta diferencia es muy pequeña y las muestras de cada grupo no están equilibradas, por lo que no es significativa.

**Tabla 1.** Descriptivos del porcentaje de aciertos y tiempo de respuesta

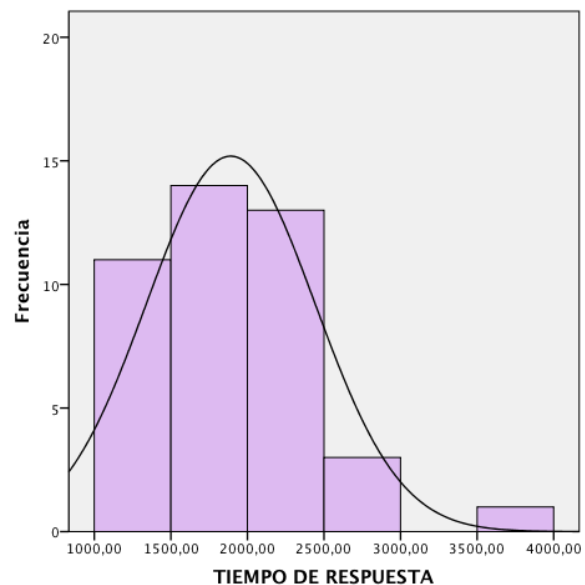
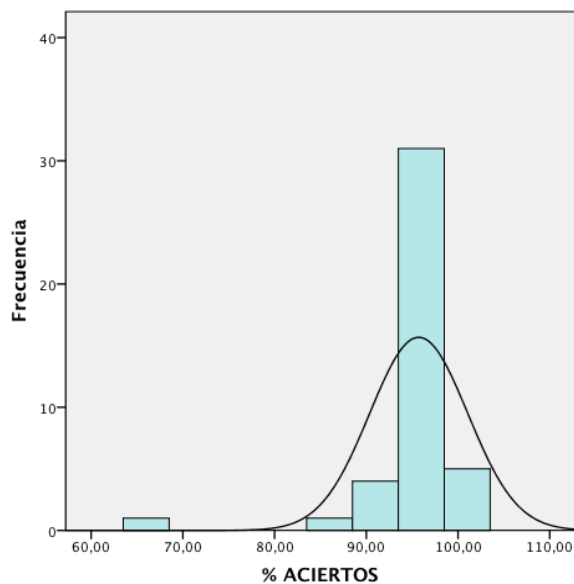
		n	Media	Desviación Típica
PORCENTAJE DE ACIERTOS	18-29	17	95.41	7.86
	30-49	10	95.80	3.65
	50-	15	95.93	2.02
TIEMPO DE RESPUESTA*	18-29	17	1765.44	459.07
	30-49	10	1629.52	353.46
	50-	15	2233.46	582.23
Total		42		

\*El tiempo de respuesta es medido en milisegundos.

Se realizó una prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución de las variables de 'Aciertos' y 'Tiempo de respuesta'. Para el porcentaje de aciertos se obtuvo una  $D(41) = .30$ ,  $p = .001$ ; y para la variable de tiempo de respuesta el estadístico fue  $D(41) = .12$ ,  $p = .115$ . Lo anterior indica que el porcentaje de aciertos

tiene una distribución anormal; sin embargo, el tiempo de respuesta sí se encuentra distribuido de manera normal (Figura 1 y 2).

Aun cuando la variable de Aciertos pasó la prueba de homogeneidad de varianza de Levene ( $F(2, 39) = 1.17, p = .320$ ), se realizaron pruebas no paramétricas debido a la distribución anormal. Se corrió una prueba Kruskal-Wallis, para la comparación de los grupos de acuerdo a las edades. No se encontraron diferencias entre el porcentaje de respuestas correctas entre grupos,  $H(2) = 2.45, p = .295$ .



**Figura 1.** Distribución del porcentaje de aciertos **Figura 2.** Distribución del tiempo de respuesta

Para los tiempos de respuesta se realizó un análisis de varianza de una sola vía (ANDEVA de un factor) para indicar diferencias entre los grupos por edad en el tiempo de respuesta, en la ejecución del paradigma. Los resultados muestran diferencias significativas entre los grupos,  $F(2, 39) = 5.71, p = .007$ . Las pruebas post hoc revelaron que existen diferencias significativas entre el grupo de sujetos mayores de 50 años ( $\bar{x} = 2233.46\text{ms DS} \pm 582.23$ ) y el grupo de 30 a 49 ( $\bar{x} =$

1629.52ms,  $ds \pm 353.46$ ,  $p = .013$ ). También se encontraron diferencias entre el grupo de 50 años en adelante y el de 18 a 29 ( $\bar{x} = 1765.44ms$ ,  $DS \pm 459.07$ ,  $p = .030$ ). No hay evidencia de diferencias significativas entre los grupos de 18 a 29 y el de 30 a 49 (Tabla 2).

No se encontraron diferencias significativas entre género en ninguna de las variables analizadas.

**Tabla 1. Contrastes Post Hoc para el Tiempo de respuesta**

Bonferroni

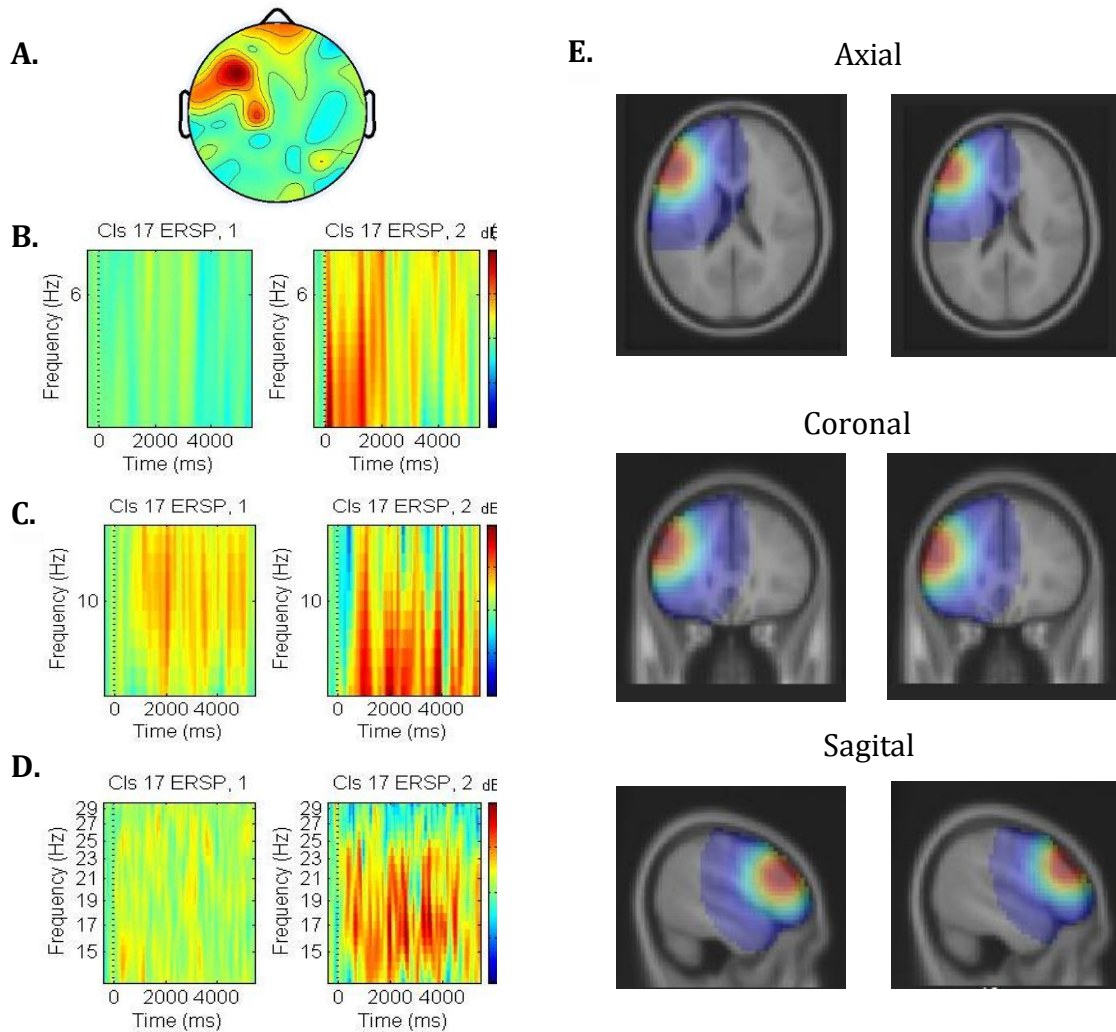
(I) GRUPO.EDAD	(J) GRUPO.EDAD	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
18-29	29-49	135,91747	194,00498	1,000
	50-	-468,02820*	172,44887	,030
30-49	18-29	-135,91747	194,00498	1,000
	50-	-603,94567*	198,73750	,013
50-	18-29	468,02820*	172,44887	,030
	29-49	603,94567*	198,73750	,013

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

## 5.2.- Resultados de datos de EEG

### 5.2.1.- La dinámica temporal en región fronto temporal izquierda.

Las figuras 1A-1D muestran el mapeo cerebral y ERSP (*event related spectral perturbation*) para las bandas theta, alfa y beta, en el cluster o agrupamiento fronto temporal izquierdo. Este cluster cuenta con 38 componentes. La parte más fuerte del clúster comienza en el extremo dorsolateral izquierdo con extensión hacia



**Figura 1. Mapeo cerebral, ERSP densidad de los dipolos de zona fronto temporal izquierda.** (A) La media de los clusters fronto temporal izquierdo representadas en el mapeo cerebral. (B) ERSP de región fronto temporal izquierda, en el grupo de sujetos menor a 50 años (izquierda) y mayor a 50 años (derecha) en la banda theta. (C) ERSP de región fronto temporal izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda alfa. (D) ERSP de región fronto temporal izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda beta. (E) Mapeo de densidad de dipolos en cortes axial (20mm), coronal (30mm) y sagital (-50mm) en los grupos de sujetos menores de 50 años (izquierda) y mayores de 50 años (derecha).

la línea central. El resto de las zonas, mantienen una dinámica cercana a la actividad de base, sin contribución al proceso. La ERSP de theta en esta región ilustra diferencias significativas entre el grupo menor de 50 años y el mayor de 50. De los 0 a los 2000 ms, se nota un incremento de potencia en el segundo grupo pero no en el primero ( $p < .01$ ). Con la banda alfa sucede algo distinto, se aprecia mayor perturbación en el segundo grupo, en todo el tiempo que dura el estímulo pero principalmente en frecuencias de 7 a 10 Hz. Se observa una diferencia significativa entre grupos ( $p < .01$ ). Dentro de la banda beta se observa el mismo patrón que en los otros rangos de frecuencia, el grupo joven muestra menor potencia espectral que el grupo de mayores de 50 durante todo el estímulo. En esta banda aparecen diferencias significativas entre los 2000 y 4000 ms en un rango de frecuencia de 15 a 19 Hz ( $p < .01$ ).

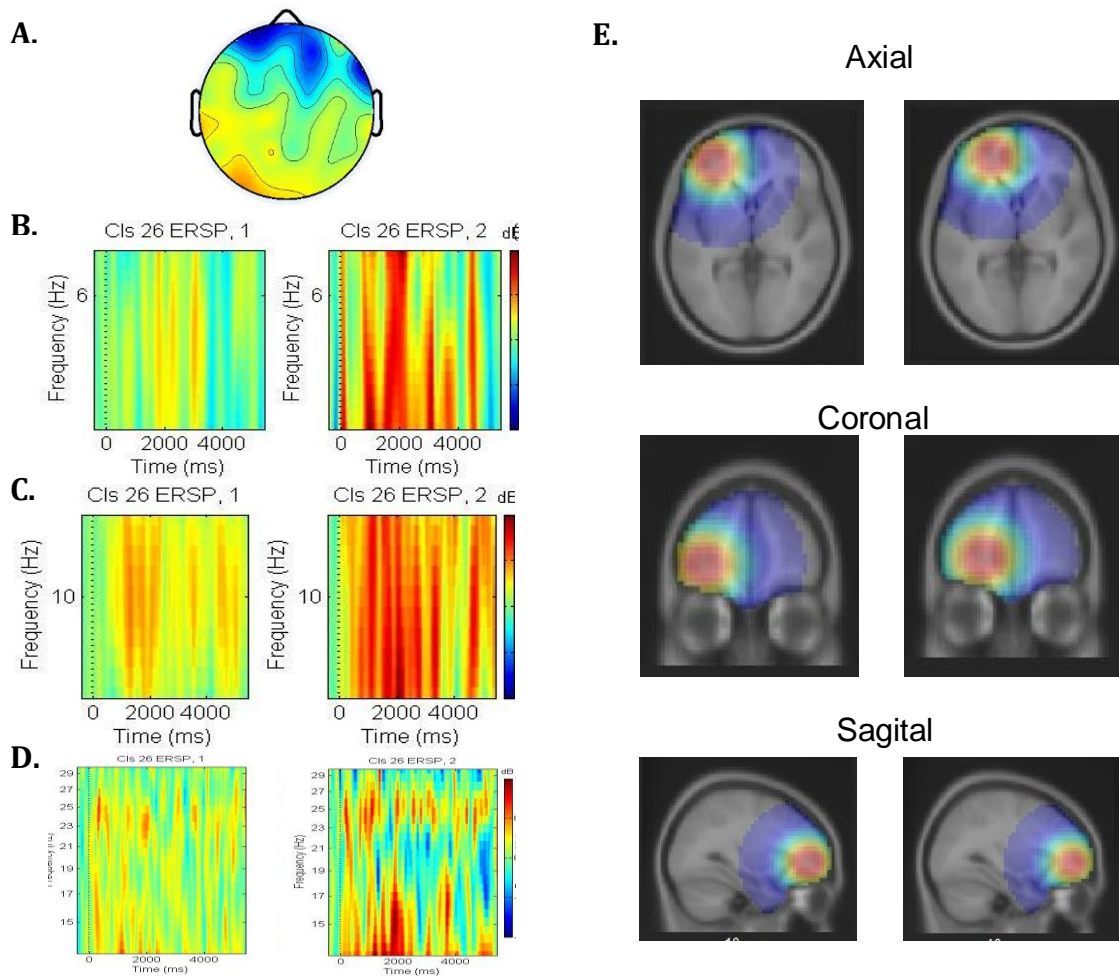
La figura 1E muestra la densidad de los dipolos involucrados en el proceso de la comprensión de oraciones en cortes axial, coronal y sagital. Se observa un volumen ligeramente mayor en el grupo de sujetos menores de 50 años.

### *5.2.2.- La dinámica temporal en región prefrontal izquierda.*

Las figuras 2A-2D muestran el mapeo cerebral y ERSP para las bandas theta, alfa y beta, en el clúster frontal izquierdo. Este clúster cuenta con 19 componentes. La dinámica de las bandas de frecuencia dieron paso a un mapeo cerebral en el que se observa un ligero incremento de actividad negativa en la zona occipital izquierda. De igual manera, se nota un decremento evidente de la potencia espectral, respecto a la línea base, en la región prefrontal izquierda con extensión derecha. La perturbación espectral de theta en la región prefrontal izquierda parece ilustrar diferencias entre el grupo menor de 50 años y el mayor de 50, con un incremento en el segundo grupo de los 1000 a los 2000 ms, aunque estas no son significativas ( $p > .05$ ). En la banda alfa se da una situación similar, se aprecia mayor desincronización de la actividad en el segundo grupo, en todo el tiempo que dura el estímulo pero no se refleja estadísticamente ( $p > .05$ ). En el caso de la banda beta,

la potencia espectral de ambos grupos se comporta de manera parecida, teniendo sólo un aumento ligero en el segundo grupo, a los 2000 ms en beta baja ( $p > .05$ ).

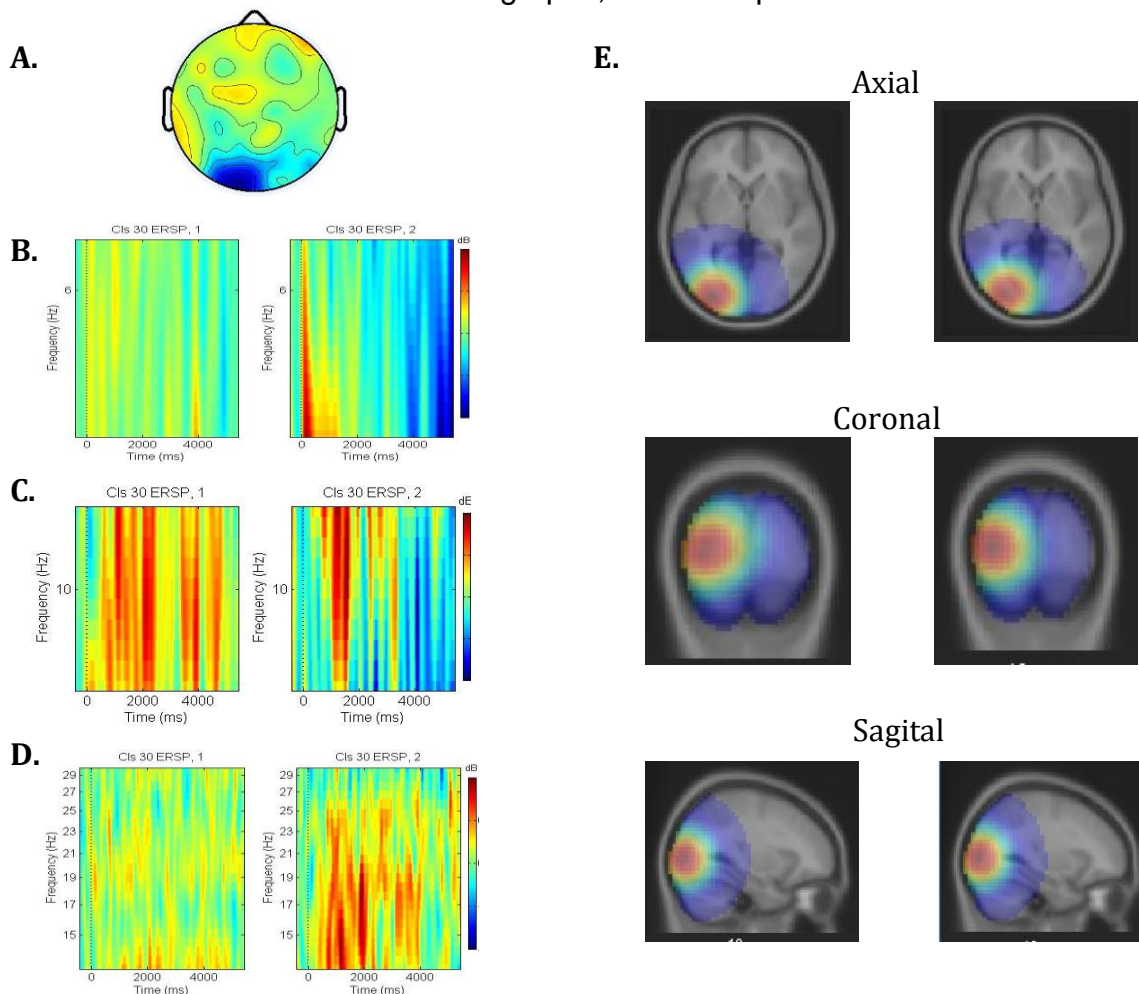
En la figura 2E se muestra la densidad de los agrupamientos en los cortes axial, coronal y sagital. Se observa la concentración del clúster en la parte prefrontal izquierda que se extiende hasta tomar parte del lóbulo frontal derecho. Asimismo, se nota una pequeña diferencia de 10 mm hacia la izquierda, en la posición del primer grupo, comparado con el segundo.



**Figura 2. Mapeo cerebral, ERSP densidad de los dipolos de zona prefrontal izquierda.** (A) La media de los clusters fronto temporal izquierdo representadas en el mapeo cerebral. (B) ERSP de región frontal izquierda, en el grupo de sujetos menor a 50 años (izquierda) y mayor a 50 años (derecha) en la banda theta. (C) ERSP de regiones frontal izquierda y derecha, en ambos grupos de sujetos en la banda alfa. (D) ERSP de regiones frontal izquierda y derecha, en ambos grupos de sujetos en la banda beta. (E) Mapeo de densidad de dipolos en cortes axial (0mm), coronal (50mm) y sagital (-30mm) en los grupos de sujetos menores de 50 años (izquierda) y mayores de 50 años (derecha).

### 5.2.3.- La dinámica temporal en región occipital izquierda.

En las figuras 3A-3D se observan el mapeo cerebral y el ERSP para las bandas theta, alfa y beta, en el cluster occipital izquierdo. Este cluster cuenta con 23 componentes. El agrupamiento de los dipolos muestra de manera principal, una actividad negativa pronunciada en la región occipital izquierda. Asimismo, se observan ligeros incrementos de potencia en la zona frontal derecha y alrededor de la línea media frontal. La ERSP que se obtiene en theta para esta región, muestra ondas sin alteraciones en ambos grupos, con excepción de un decremento de



**Figura 3. Mapeo cerebral, ERSP densidad de los dipolos de zona occipital izquierda.** (A) La media de los clusters occipital izquierdo representadas en el mapeo cerebral. (B) ERSP de región occipital izquierda, en el grupo de sujetos menor a 50 años (izquierda) y mayor a 50 años (derecha) en la banda theta. (C) ERSP de región occipital izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda alfa. (D) ERSP de región occipital izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda beta. (E) Mapeo de densidad de dipolos en cortes axial (0mm), coronal (-90mm) y sagital (10mm) en los grupos de sujetos menores de 50 años (izquierda) y mayores de 50 años (derecha).

potencia al final del estímulo, en el de mayores de 50 años pero no son significativos

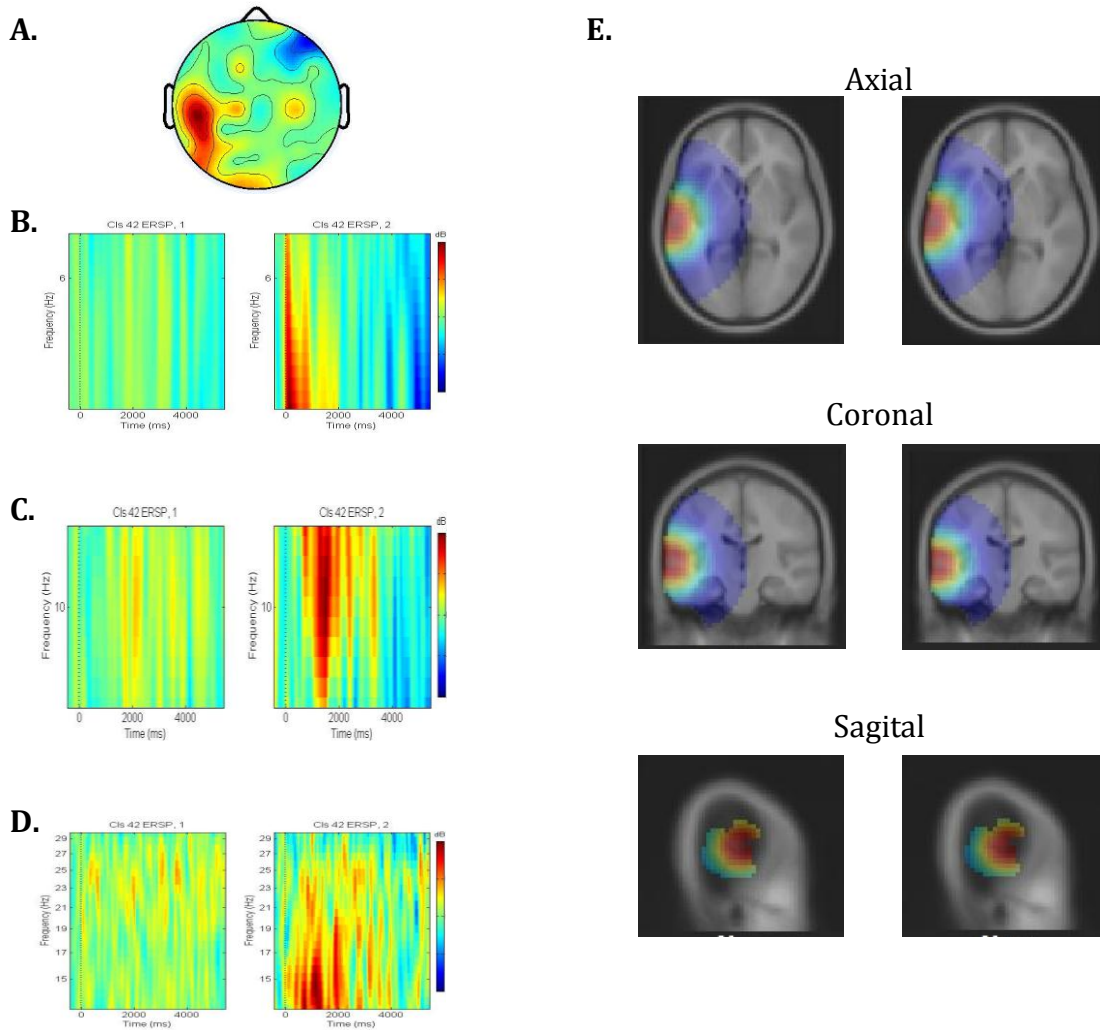
( $p > .05$ ). Para la banda alfa sí se observan cambios en la perturbación espectral en ambos grupos. En el primero resaltan incrementos en la potencia entre los 1000 y 2000 ms y luego de nuevo a los 4000 ms. En el segundo grupo se tuvo una fuerte sincronización alrededor de los 1500 ms, principalmente en frecuencias altas. Aun cuando se observaron cambios en ambos grupos, las diferencias entre ellos no se reflejaron estadísticamente ( $p > .05$ ). En las ondas rápidas beta vemos incremento de ERSP sólo en el grupo de sujetos mayores de 50 años y en frecuencias bajas, entre los 1000 y 2000 ms. De nuevo, los cambios son perceptibles, mas no significativos ( $p > .05$ ).

En la figura 3E se muestra la densidad de los dipolos en los cortes axial, coronal y sagital. Observamos el promedio de los dipolos individuales prácticamente en toda la zona occipital medial. No se aprecian diferencias entre grupos.

#### *5.2.4.- La dinámica temporal en región temporal izquierda.*

Las figuras 4A-4D muestran el mapeo cerebral y ERSP para las bandas theta, alfa y beta, en el cluster temporal izquierdo. Este cluster cuenta con 46 componentes. De manera general, se nota una actividad positiva evidente en la zona temporal izquierda, así como actividad negativa en la región frontal derecha. La ERSP de theta en la región temporal izquierda se presenta sin alteraciones en el primer grupo; sin embargo, hay un incremento de perturbación en el segundo grupo justo al inicio del estímulo. Este va disminuyendo gradualmente hasta que, de los 4000 a los 5000 ms, la banda deja de participar activamente en el proceso; siendo ésta diferencia entre grupos significativa ( $p < .01$ ). En la banda alfa se da una situación similar, se aprecia mayor desincronización en el segundo grupo, entre los 1000 y 2000 ms ( $p < .01$ ), teniendo una mayor concentración en frecuencias mayores a 10 Hz. En el caso de la banda beta, vemos cómo la potencia espectral del grupo de mayores de 50 años refleja un incremento importante de los 1500 a los 2000 ms ( $p < .01$ ). Este resultado se aprecia en frecuencias beta bajas.

En la figura 4E se muestra la densidad de los dipolos en los cortes axial, coronal y sagital. No se observan diferencias entre ambos grupos, en la ubicación del cluster. Éste se muestra en la región temporal.



**Figura 4. Mapeo cerebral, ERSP densidad de los dipolos de zona temporal izquierda.** (A) La media de los clusters temporal izquierdo representadas en el mapeo cerebral. (B) ERSP de región temporal izquierda, en el grupo de sujetos menor a 50 años (izquierda) y mayor a 50 años (derecha) en la banda theta. (C) ERSP de región temporal izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda alfa. (D) ERSP de región temporal izquierda en ambos grupos de sujetos en la banda beta. (E) Mapeo de densidad de dipolos en cortes axial (0mm), coronal (-20mm) y sagital (-70mm) en los grupos de sujetos menores de 50 años (izquierda) y mayores de 50 años (derecha).

## CAPÍTULO XI.- DISCUSIÓN

### ***6.1.- Discusión de los resultados conductuales***

De acuerdo con nuestros resultados, tenemos una media de respuestas correctas del 95.69% en toda nuestra muestra. Encontramos que estos datos no pasaron las pruebas de una distribución normal ya que es probable que se necesiten un muestreo más grande. El conjunto de datos muestra un efecto techo, principalmente en el primer grupo, sin embargo, debido a que los sujetos que participaron en esta investigación no tienen ningún tipo de alteración o enfermedad, se espera que las respuestas sean correctas en su mayoría, por lo tanto, una distribución con este efecto es lo que buscamos.

Encontramos también que los sujetos sanos menores de 50 años, presentan una comprensión de oraciones adecuada, sin diferencias significativas entre ellos, concordando con los estudios de Labos, Del río & Zabala (2009) y Alemán Bañón (2012). Estos resultados son esperados ya que las oraciones analizadas son de una estructura simple (pronombre + sustantivo + verbo + objeto directo). No obstante, notamos que a medida que va aumentando la edad, los sujetos tienden a cometer más errores en sus respuestas, aunque estas no reflejaron diferencias significativas. Esto puede deberse a que los participantes de nuestra muestra son sanos y funcionales, por lo cual su comprensión del lenguaje se encuentra conservada.

Según las investigaciones de Véliz, Riffo & Arancibia (2010), el tiempo de respuesta a preguntas de comprensión en las personas de mayor edad, tiende a aumentar, en comparación con los adultos jóvenes. Nuestros resultados coinciden con esta información, ya que los sujetos mayores de 50 años, tienen un tiempo de respuesta de aproximadamente 1 segundo más que los dos grupos jóvenes, entre los cuales, no se presentaron diferencias. Teniendo en cuenta que los procesos cognitivos se realizan en cuestión de milisegundos, estos hallazgos, nos indican una velocidad de procesamiento significativamente más lenta que en personas mayores de 50 años. Esto podría ser interpretado como una consecuencia del envejecimiento normal. Por otro lado, nuestra investigación no encontró diferencias en las

respuestas conductuales entre género. Pero sí se observó una tendencia a un mayor tiempo de respuesta en mujeres, sin llegar a ser significativa.

Para finalizar, observamos que nuestras hipótesis referentes a los datos conductuales se aceptan ya que los resultados apuntan a que en ninguna de las etapas se presentan alteraciones en la comprensión de oraciones. Además, existen diferencias significativas entre el tiempo de respuesta de los grupos, indicando que las personas de mayor edad, necesitan más de tiempo para procesar y comprender oraciones simples.

## ***6.2.- Discusión de datos de conectividad funcional cerebral***

La comprensión del lenguaje ha sido estudiada por muchos investigadores y con distintos métodos, siendo el principal los PRE's. Éstos brindan información sobre lo que sucede en el primer segundo después de que se presentó el estímulo. Esta investigación trata de comprender cómo la dinámica temporal de la actividad está asociada a la coherencia electroencefalográfica al comprender oraciones. Nuestros resultados principales se enfocaron a la activación de las zonas fronto-temporal, prefrontal, occipital y temporal. Asimismo, se notó una clara diferencia en el espectral de potencia de ambos grupos.

### ***6.2.1.- Conectividad funcional en la región fronto-temporal***

La activación positiva de la región frontotemporal está relacionada con las áreas del lenguaje expresivo (área de Broca). Sin embargo, según los estudios de Luria, el lenguaje expresivo o impreso dependen de más de un área para desempeñarse correctamente. Luria (1980) propuso que para la comprensión del lenguaje no sólo es necesaria la zona asignada (Wernike), sino que se lleva a cabo un trabajo conjunto de distintas zonas. En el caso de la comprensión de oraciones de género y número, se ha visto relación con el trabajo de zonas premotoras, debido a que éstas contribuyen a la adecuada actualización de los verbos y sustantivos

dentro de una oración, al sistema de flexiones y, principalmente, al orden en el que se estructura o se recibe una oración; es decir, la sintaxis. Entonces, la contribución de las zonas premotoras, antes exclusivas de la producción verbal, se manifiesta en la melodía cinética (el paso de un eslabón a otro, en este caso, la recepción de una palabra a otra en el orden en el que se emiten), siendo una parte vital en la fluidez y desarrollo del discurso.

Otros autores han apoyado la idea de la importancia de los lóbulos frontal y temporal. En sus estudios se ha demostrado que las zonas fronto-temporales intervienen en el proceso semántico (Tyler et al., 2004; Demonet et al., 2005), detección de congruencia (Frishkoff y Cols, 2004) y el proceso sintáctico en zonas premotoras y memoria de trabajo (Fiebach et al., 2005).

En la dinámica temporal de las frecuencias que permiten la activación, pudimos observar que para el grupo 1, la activación de theta se presenta de forma mínima alrededor de los 2000 ms. Según nuestros resultados, éstas frecuencias parecen contribuir poco al proceso de la comprensión en la región frontotemporal. Sin embargo, en el grupo 2, se observa un incremento de potencia en la banda theta al inicio del estímulo y luego vuelve a niveles parecidos a los establecidos pre estímulo. Estos hallazgos pueden atribuir a las frecuencias bajas un trabajo de organización y preparación para los procesos que inmediatamente le siguen a la recepción sensorial. Asimismo, es posible relacionarlo con la desincronización neuronal consecuente al estímulo auditivo nuevo.

Por otra parte, en el grupo 1, los resultados arrojaron un ligero incremento positivo en actividad alpha cuando el sujeto está escuchando la oración, lo que puede indicar un estado de atención al estímulo auditivo. En el grupo 2, notamos una gran contribución en frecuencias bajas a lo largo del estímulo. Frecuencias de 7 a 10 Hz son las que dominan en el área frontotemporal. Nuestros resultados apoyan la teoría de que el incremento en la banda alpha se relaciona con el acceso a la información y la selectividad de la misma (Klimesch y cols., & Klimesch, 2012). Klimesch (2012) ha propuesto que el acceso a un 'sistema de conocimiento' opera bajo la atención, reflejado en la actividad alpha. Este proceso se lleva a cabo de manera automática y se podría describir como simplemente "saber". En adultos, la

frecuencia alpha se vuelve dominante, mientras que en niños, predominan bandas bajas. Nuestro estudio difiere parcialmente con lo anterior, pues hemos demostrado que la edad adulta debe abordarse de manera dividida. En los adultos mayores de 50 años, se presenta una combinación de las tres frecuencias analizadas, siento un poco más complicado elegir una dominante. Además, estudios con PREs (Kuperberg, 2006) coinciden en que sincronización en alpha se atribuye al procesamiento semántico, se asocia al reclutamiento de regiones superiores e inferiores temporales y/o corteza prefrontal anterior inferior para la codificación y evocación semántica. Además, se menciona la aparición de P600 en corteza superior y media prefrontal, corteza motora y premotora relacionado con la morfosintaxis.

En lo que respecta a la banda beta, se observa en el grupo 1, una dinámica similar a la banda theta, parece no haber mucha contribución en esta área. Sin embargo, sí hay ciertos brotes de activación positiva a lo largo de todo el estímulo. En el grupo 2, la dinámica temporal de beta en los sujetos mayores muestra una desincronización constante a lo largo de la presentación del estímulo. Según Kopell et al. (2000), cuando surge sincronización de la banda beta durante el procesamiento del estímulo, sugiere una integración efectiva junto con el sistema atencional que involucra una amplia variedad de regiones cerebrales. Al tratarse de un estímulo auditivo, podemos suponer la adecuada integración gracias al trabajo conjunto de zonas frontales y temporales.

### *6.2.2.- Conectividad funcional en la región prefrontal*

El mapa de la actividad cerebral de esta región muestra sincronización bilateral y una ligera apreciación del otro extremo del dipolo, con actividad positiva en regiones posteriores izquierdas.

De acuerdo con Luria (1974), los lóbulos frontales participan en la regulación de los procesos de activación presentes en la base de la atención voluntaria, así como en la formación de planes estables e intenciones que controlan el comportamiento consciente del sujeto. Asimismo, soportan la función reguladora del lenguaje. Coincidentes con nuestros resultados, estudios de imagen han propuesto

una relación entre zonas prefrontales y la memoria de trabajo semántica, unificación de aspectos semánticos individuales y el control de la evocación, selección y evaluación de la información semántica (Turken y Dornkers, 2011). De igual manera, sugiere la contribución de estas áreas para el control de los procesos cognitivos. Regiones prefrontales ejercen un papel decisivo en la formación de intenciones y programas y en la regulación y verificación de la actividad y procesos cognitivos (Luria, 1974). Estas regulan y mantienen conexión con todas las demás, debido a su posición favorable a los impulsos aferentes y eferentes. En el caso de la comprensión, las áreas prefrontales no sólo se ven relacionadas con la síntesis de estímulos externos, preparación para la respuesta y preparación de programas, sino también en el efecto que tiene la respuesta y la verificación de que se llegó a una conclusión correcta.

Los resultados del grupo 1, muestran un cambio en la potencia de theta aproximadamente a la mitad del estímulo auditivo, y en el grupo 2, un gran incremento de potencia. El aumento en la sincronización en la banda theta se ha visto relacionada con la memoria de trabajo y con sus contribuciones a los procesos complejos (Röhm y cols., 2001). La frecuencia theta también suele asociarse al procesamiento de información nueva (Klimesch, 2012). En nuestro estudio, se puede interpretar como que el grupo 2 necesita del apoyo de estructuras prefrontales para el procesamiento de la información, más que los adultos jóvenes, ya que, aunque en estos sí se activa esta área, su aportación es menor.

En cuanto a frecuencias alpha, ambos grupos muestran un incremento de potencia al inicio del estímulo que se mantiene hasta el final del estímulo, aunque más pronunciado para el grupo 2. Como ya se mencionó en apartados anteriores, la banda alpha se relaciona con el procesamiento semántico del lenguaje. Si combinamos los resultados de theta y alpha, se observa una intervención de las bandas para el análisis de la información semántica pero no necesariamente involucrando a zonas prefrontales. Estos resultados pueden deberse a que para los sujetos jóvenes, las el procesamiento de las oraciones de género y número es simple; sin embargo, para los adultos mayores de 50 años, es necesaria la intervención de otras estructuras para llevar a cabo el proceso. En la investigación

de (Klimesch, 2012) se explica que el aumento en la banda alpha, o desincronización, se asocia a la inhibición, específicamente, con la atención inhibitoria. Al presentarse el estímulo, se debe llevar a cabo un proceso de discriminación de información no relevante para la tarea, ya sea exterior o elementos del 'acervo de conocimiento' preexistente, para evocar la respuesta o significado correcto.

Por último, en la banda beta, para el grupo 1 surgen algunos cambios positivos en la actividad, a lo largo del estímulo y el grupo 2 muestra oscilaciones de potencia predominando en el incremento. Las frecuencias altas se han asociado a la integración semántica y el proceso de análisis complejos (Weiss y Mueller, 2003) , por lo tanto, para nuestros resultados, la aparición de frecuencias rápidas indica la comprensión e integración de las oraciones, así como el adecuado control de los procesos cognitivos (Klimesch, 2012).

### *6.2.3.- Conectividad funcional en la región occipital*

Los resultados arrojaron información de fuerte actividad negativa en regiones occipitales. Es importante recordar que la medición espectral se realizó sólo durante la presentación del estímulo auditivo, por lo tanto, la pantalla permaneció negra. De esta forma podemos descartar activación por estímulos visuales. Aun cuando no se dio una participación activa de la visión, existen muchos estudios que apoyan la premisa de que en la imaginería intervienen las mismas áreas o sistemas que en la percepción visual (Slotnick et al., 2015; Kosslyn, 2005, Tamayo, 2013). La percepción visual ocurre cuando un estímulo visto e incluye funciones como reconocimiento e identificación visual. La imaginería mental visual es un conjunto de representaciones que apela a la experiencia de la visión de estímulos en la ausencia apropiada del estímulo sensorial. Cuando el sujeto recibe la información auditiva de la oración, ésta funciona como guía para el proceso de imaginería del paciente pero de forma muy general, ya que no se proporcionan características específicas de los objetos ("La niña juega en la playa"). Nuestros resultados sugieren que mientras transcurre el estímulo, los sujetos van formando un significado en imágenes de la oración, lo que provoca la activación de zonas

occipitales. Desde hace años, investigadores se han apoyado de distintos métodos para comprender las bases cerebrales de las tareas de imaginación. Estos estudios han reportado activación en áreas atribuidas a la percepción visual (Farah, Peronnet, Gonon, & Girard, 1988; Goldenberg, Podreka, Steiner, Willmes, Suess, & Deecke, 1989 en Kosslyn, 2005). De igual manera, un estudio de Slotnick y cols. sobre la activación de zonas visuales organizadas retinotópicamente, mostró que la imaginación visual mental puede evocar actividad topográficamente organizada en la corteza estriada y extraestriada. En estos mapas retinotópicos, aunque se muestra activación, es claramente menor que la presentada en la percepción visual. Por otro lado, es importante mencionar que la dinámica frecuencial y áreas involucradas en la comprensión, encontrada en esta investigación, coincide con el estudio de Weiss y Mueller (2003) donde se hace mención a la importancia de una vía occipito-frontal, que aun no siendo parte del sistema convencional de la comprensión, es vital para la producción del significado del discurso.

Los resultados de la medición espectral, en el grupo 1, muestran ligera activación positiva de la banda theta al inicio del estímulo y luego se mantiene sin cambios importantes. Sin embargo, la dinámica temporal de los sujetos mayores es muy diferente a la del primer grupo; aunque comparte el brote de activación inicial, la banda theta presenta un incremento activación negativa en lapso final del estímulo auditivo. Es probable que las zonas occipitales estén preparándose para la recepción del estímulo visual que le sigue al auditivo, ya una vez formada la imagen en la mente, la tarea será unirlos con la imagen presentada que sea similar. Existen estudios (Chou y cols., 2015) en los que se propone que la actividad theta en región occipital interviene en asignar la atención necesaria a la tarea (imaginación) para poder realizar procesos más complejos sin dificultad.

Por otro lado, la banda alpha muestra en el grupo 1, un gran incremento de potencia, lo que indica que es la subyace al proceso de imaginación que surge al recibir el estímulo auditivo. En el grupo 2, se observaron oscilaciones en la polaridad de la misma. Al inicio se nota un brote positivo importante, para después quedarse con actividad negativa. En su estudio, Fries et al. (1997), reporta que cuando se presenta sincronización en corteza visual primaria y secundaria, puede estar

relacionado con la selección de estímulos. Otros estudios dicen que un decremento de potencia y un aumento en sincronización en frecuencias alpha puede relacionarse con el proceso de reconocimiento. (Klimesch et al., 2004; Freunbergr et al., 2008 en Chou y cols., 2015). Además, la investigación de Klimesch (2011) sugiere que un decremento de alpha indica un estado excitatorio donde el sujeto reconoce el estímulo, accesa a la información importante, pasa a la memoria a largo plazo y evalúa las huellas mnésicas. Más adelante explica que este decremento posiblemente controle el flujo de información hacia las estructuras neuronales que representan la información relevante.

En el caso de la banda beta, el comportamiento en el grupo 1 y 2 es similar, se observan brotes de potencia espectral, durante toda la presentación del estímulo, siendo estos más fuertes con los sujetos mayores. Womelsdorf y Fries (2007) mencionan también que la sincronización en beta puede jugar un papel en el procesamiento de áreas visuales. Estos resultados se han observado en tareas que involucran procesamiento visual del estímulo (Chou y cols., 2015). Sin embargo, en nuestro estudio, como se dijo arriba, puede estar relacionado al proceso de imaginación que realiza el sujeto al comprender la oración.

#### *6.2.4.- Conectividad funcional en la región temporal*

Como se vio en los resultados, la región temporal juega un papel importante en la comprensión de oraciones. En nuestro caso, el dipolo muestra una desincronización temporal izquierda y sincronización frontal derecha. Esto nos permite suponer que en la comprensión, existe una dinámica conjunta de estas dos regiones, en donde es necesaria una polaridad negativa en cierta área y una polaridad positiva en otra, es decir, coherencia electroencefalográfica entre puntos alejados estructuralmente pero cercanos por su función. De acuerdo con las investigaciones de Luria (1974, 1980), la región temporal izquierda contribuye a la identificación de fonemas para la decodificación de las palabras. Zonas secundarias temporales se vieron involucradas en la audición fonémica que conduce al sentido correcto de las palabras, así como a la descomposición de la selección de los

elementos léxicos. El autor menciona que todos los trastornos de comprensión verbal y de la función intelectual, derivan de un cambio en la actividad analítico sintética auditiva. La función de zonas temporales consiste en extraer los indicios esenciales del flujo continuo del lenguaje y generalizar las variantes de esos indicios en fonemas constantes, las unidades básicas del lenguaje. La percepción auditiva (principalmente en el giro temporal superior) es la etapa inicial en este proceso. Una vez que los sonidos fueron identificados fonológicamente, sigue el procesamiento sintáctico y semántico de la información. Mediante estudios neurofisiológicos, se ha descubierto el papel de la corteza temporal anterior superior en la construcción de la estructura de las frases, y la intervención del giro temporal superior en la estructura sintáctica (Friederici y cols., 2003; Shtyrov y cols., 2003; Herrmann y cols., 2011 en Friederici, 2012). Los procesos sintácticos y morfológicos requieren del sistema perisilviano del lenguaje. Se ha demostrado que las regiones posteriores como el giro temporal superior y el giro temporal medial, el giro angular y el supramarginal juegan un papel importante en la morfología inflexional y el análisis sintáctico, presentando una conectividad codependiente (Tyler y Marslen Wilson, 2007).

La dinámica de la banda theta en este grupo se muestra estable sin brotes significativos de potencia positiva o negativa, a lo largo del estímulo. Al parecer, estas frecuencias bajas, no intervienen de manera activa al proceso, es decir, que permanecen en un estado neutro para que otras bandas o regiones realicen su trabajo. Para el segundo grupo, los resultados son muy diferentes. Encontramos en frecuencias theta una gran contribución positiva al inicio del estímulo, y actividad negativa al final. Estudios sobre la aparición de la frecuencia theta en zonas temporales (Fell y cols., 2011) exponen que este incremento, alrededor del inicio del estímulo, puede deberse a la activación de un contexto mnémico en donde el estímulo puede ser acomodado, ya sea una categoría semántica, características de los elementos presentados, entre otros.

En cuanto a frecuencias alpha, comienzan a observarse toques de actividad positiva a partir de los 2 segundos. Sin embargo, la contribución sigue siendo mínima. Para el grupo 2, se observa una intervención importante antes de los 2

segundos y luego baja. Como se mencionó anteriormente, algunos estudios proponen que niveles bajos de alpha, pueden relacionarse con el reconocimiento de estímulos y su procesamiento sensorial. Además, un incremento en alpha puede reflejar un mecanismo inhibitorio eferente que prepara al sujeto para el procesamiento (Fell y cols., 2011).

Por último, los resultados muestran que en ambos grupos, la banda beta es la que interviene de manera más notable en regiones temporales, a lo largo de toda la presentación del estímulo. Además de sugerir la adecuada integración del estímulo auditivo (Kopell, 2000), la desincronización de las frecuencias medias y altas pueden sugerir la intervención de zonas como el giro temporal superior y el surco temporal superior anterior para llevar a cabo el análisis de la estructura sintáctica y de los estímulos en la memoria auditiva a corto plazo, respectivamente (Turken y Dornkers, 2011)

En general, el panorama del análisis de frecuencias para la comprensión de oraciones de género y número, en los adultos menores de 50 años, muestra la predominancia de la banda alpha, seguida por la banda beta. Estos resultados tienen una explicación lógica y congruente con la teoría e investigaciones anteriores. Anteriormente se expusieron autores que atribuyen el incremento de theta a la memoria de trabajo. Nosotros explicamos la poca contribución de theta y la dinámica aparentemente pasiva de las bandas, basados en la teoría de Luria (1980, 1986). Aun cuando el autor menciona que todo el lenguaje tiene cierto nivel de dificultad debido a la polisemia de las palabras y características propias, también expresa que los sistemas funcionales (en este caso, el sistema funcional de la comprensión de oraciones), tienden a disminuir su carácter desplegado al lograr la automatización. Es por esto, que para oraciones simples, no requieren tantos recursos de apoyo.

En cambio, el grupo de adultos mayores de 50 años, parecen volver un poco al carácter desplegado de los procesos, haciendo uso de mayores recursos o reorganizando el sistema funcional de la comprensión, para adaptarlo a los cambios que trae el desarrollo funcional y estructural del mismo. Esto se expresa en la sincronización de frecuencias bajas, medias y altas que trabajan de manera simultánea en áreas prefrontal, fronto-temporal, temporal y occipital.

Con esta investigación, se demuestra la participación de un sistema funcional, y no una sola región, para la comprensión de oraciones, específicamente de género y número. Aun cuando a simple vista las oraciones son simples, forman parte de una función compleja que necesita del reclutamiento de zonas cercanas y lejanas anatómicamente, pero conectadas de manera funcional. Por último, se descubrió que la edad de las personas influye en la dinámica funcional pero no estructural, esto demostrado en que se observan las mismas áreas activadas pero con un trabajo conjunto de distintas frecuencias cerebrales.

## CAPÍTULO XII.- CONCLUSIONES

Las conclusiones de nuestra investigación fueron las siguientes:

Las áreas cerebrales con mayores cambios en la perturbación espectral, al momento de escuchar oraciones de género y número, son: prefrontal, fronto-temporal, occipital y temporal.

Las zonas fronto-temporales se relacionan con la fluidez y desarrollo del discurso, así como con el análisis sintáctico y semántico de las oraciones.

Regiones prefrontales se ven asociadas en la preparación y verificación de respuestas al realizar la tarea de comprensión.

La activación de áreas occipitales puede indicar un proceso de imaginaria visual mental de las oraciones escuchadas, además del proceso de acceso a la información y evaluación de huellas mnésicas.

La región temporal izquierda contribuye a la identificación de fonemas y decodificación de las palabras, así como la activación del contexto mnémico del estímulo.

En los adultos de 18 a 50 años, predomina la frecuencia alpha para la comprensión de oraciones de género y número.

Los adultos mayores de 50 años, necesitan de mayores recursos para procesar las oraciones. Presentan una dinámica de trabajo simultáneo de las bandas theta, alpha y beta durante el proceso. Este hallazgo se relaciona con el mayor tiempo de reacción que presentaron los sujetos, en comparación con el grupo joven.

En la comprensión de oraciones de género y número intervienen otras áreas, además de las del lenguaje, demostrando la existencia de un sistema funcional complejo para llevar a cabo este proceso.

Una de las limitaciones con las que nos topamos, fue el volumen de la muestra, debido a los filtros que tuvimos que aplicar, sugerimos ampliar el número de sujetos para poder hacer una generalización de resultados más apegada a la

realidad. Esta investigación, así como estudios futuros, podrán aportar conocimiento de los correlatos electrofisiológicos correspondientes a los factores neuropsicológicos propuestos por Luria. Estos, participan en los sistemas funcionales complejos que garantizan la comprensión de las diferentes oraciones investigadas, vigorizando de este modo, el modelo histórico cultural. Asimismo, proponemos realizar comparaciones de nuestros resultados en sujetos normales con investigaciones futuras para la comprensión de oraciones en sujetos con alguna patología.

## REFERENCIAS

- Alba, A., M Marroquín, J.L., Peña, J., Harmony, T., González-Frankenberger, B. (2007). Exploration of event-induced EEG phase synchronization patterns in cognition tasks using a time-frequency-topography visualization systems. *J Neurosci Methods*, doi: 10.1016.
- Alemán Bañón, J., Fiorentino, R., y Gabriele A. (2012). The processing of number and gender agreement in Spanish: An event-related potential investigation of the effects of structural distance. *Brain Res.* 25; 1456:49-63.
- Amici, S., Ogar, J., Brambati, S.M., Miller, B.L., Neuhaus, J., Dronkers, N.L., & Gorno-Tempini, M.L., (2007). Performance in specific language tasks correlates with regional volume changes in progressive aphasia. *Cogn Behav Neuro*; 20(4): 203-11.
- Anojin, P.K. (1980) *Problemas de la teoría del sistema funcional*. Moscú, Ciencia.
- Antón-Méndez, I., Nicol, J., & Garrett, M. (2002). The relation between gender and number agreement processing. *Syntax* 5:1, 1-25.
- Ardila, A. (2005). *Las afasias*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Baber, H.A. (s.f.) *Potenciales cerebrales asociados al procesamiento de la concordancia gramatical*. Tesis de maestría no publicada. España: Universidad de La Laguna.
- Bahlmann, J., Schubotz, R., & Friederici, A.D. (2008). Hierarchical artificial grammar processing engages Broca's area. *NeuroImage* 42: 525–534.
- Bahlmann, J., Schubotz, R.I., Mueller, J.L., Köster, D., & Friederici, A.D. (2009). Neural circuits of hierarchical visuo-spatial sequence processing. *Brain Res* 1298: 161–170.
- Bastiaansen, M., & Hagoort, P. (2006). Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension. *Progress in Brain Research*, 159, 179–196.
- Bastiaansen, M., & Lewis, A.G. (2015). A predictive coding framework for rapid neural dynamics during sentence-level language comprehension. *Cortex*, 68:155-168.

- Bastiaansen, M., van Berkum, J.J., & Hagoort, P. (2002a). Event-related theta power increases in the human EEG during online sentence processing. *Neurosci, Lett.* 123(1): 13-16.
- Benson, D. F., & Ardila, A. (1996). *Aphasia. A clinical perspective*. New York: Oxford University Press.
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about semantic illusions: rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Res.;1446*:127-43.
- Buxhoeveden, D., & Casanova, M. (2000). Comparative lateralisation patterns in the language area of human, chimpanzee, and rhesus monkey brains. *Laterality*, 5, 315–330.
- Cantero-Lorente, J.L., Atienza, M. y Salas, R.M. (2000). Valor clínico de la coherencia EEG como índice electroencefalográfico de conectividad córticocortical durante el sueño. *Rev Neurol.*;31:442-454.
- Caplan, D., Dede, G., Waters, G., Michaud, J., & Tripodis, Y., (2011). Effects of age, speed of processing, and working memory on comprehension of sentences with relative clauses. *Psychol Aging.*;26(2):439-50.
- Caplan, D., Waters, G., Dede, G., Michaud, J., & Reddy, A. (2007)-. A study of syntactic processing in aphasia I: behavioral (psycholinguistic) aspects. *Brain Lang.*;101(2):103-50.
- Carbona, J. y Chevrie-Muller, C. (2001), *El lenguaje del niño Desarrollo normal, evaluación y trastornos*, 2º edición, pp 10-11.
- Centeno, J.G. & Obler, I.K. (1994). Gender and number impairment in a Spanish-speaking agrammatic. Poster presented at TENNET V, Montreal.
- Chorlian, D.B., Rangaswamy, M. & Porjesz, B. 2009. EEG coherence: topography and frequency structure. *Exp Brain Res.* 198:59-83.
- Chou, W.C., Duann, J.R., She, H.C., Huang, L.Y. & Jung, T-P. (2015) Explore the Functional Connectivity between Brain Regions during a Chemistry Working Memory Task. *Plos One* 10(6).

- Coles, M.G.H., & Rugg, M.D. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. In M.D. Rugg, & M.G.H. Coles (Eds.). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (pp.1-23). New York: Oxford University Press.
- Coulson, S., King, J.W., & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13(1), 21-58
- Coulson, S. & Wu, YC. (2005). Right hemisphere activation of joke-related information: An event-related brain potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17:494–506.
- Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. (1964).
- Demonet, J.F., Thierry, G., & Cardebat, D. (2005). Renewal of the neuro-physiology of language: Functional neuroimaging. *Physiological Review*, 85(1), 49–95.
- Duffy, F.H., Iyer, V.G. & Surwillo, W.W. (1988). Clinical electroencephalography and topographic brain mapping: Technology and practice. Springer-Verlag. *Lang Linguist Compass*, 2(1): 1-17.
- Federmeier, K.D. & Kutas, M. (1999a) Right words and left words: Electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cognitive Brain Research*, 8:373–92.
- Federmeier, K.D., Wlokto, W.E. & Meyer, A.M. (2008). What's "right" in language comprehension: ERPs reveal right hemisphere language capabilities. *Lang Linguistic Compass*. 2(1): 1-17.
- Fell, J., Ludowig, E., Staresina, B. P., Wagner, T.,Kranz, T., Elger, C. E. & Axmacher, N. (2011). Medial temporal theta/alpha power enhancement precedes successful memory encoding: evidence base don intracranial EEG. *The Journal of Neuroscience*, 31(14):5392-5397.
- Fiebach, C.J., Schlesewsky, M., Lohmann, G., von Cramon, D.Y. & Friederici, A.D. (2005) Revisiting the role of broca's area in sentence processing: syntactic integration versus syntactic working memory. *Hum Brain Mapp* 24:79-91

- Fiebach, C.J., Vos, S.H. & Friederici, A.D. (2004). Neural correlates of syntactic ambiguity in sentence comprehension for low and high span readers. *J Cogn Neurosci* 16: 1562–1575.
- Fink, A., Grahner, R.H., Neuper, C. & Neubauer, A.C. (2005) EEG alpha band dissociation with increasing task demands. *Hum Res Cogn Brain Res* . 24(2) 252–259.
- Flynn, J.R. (2006). Tethering the elephant: Capital cases, IQ, and the Flynn effect. *Psychology, Public Policy, and Law*, 12, 170–189.
- Freunberger, R., Klimesch, W., Griesmayr, B., Sauseng, P., & Gruber, W. (2008) Alpha phase coupling reflects object recognition. *Neuroimage* 42: 928–935. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.05.020.
- Friederici, A.D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends Cogn. Sci.* 6, 78–84.
- Friederici, A.D. (2009). Pathways to language: fiber tracts in the human brain. *Trends Cogn Sci* 13: 175–181.
- Friederici, A.D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function. *Physiol Rev.* 1357-1392.
- Friederici, A.D. (2012). The cortical language circuit: from auditory perception to sentence comprehension. *Trends Cogn. Sci.* Vol. 16, No. 5.
- Friederici, A.D., Bahlmann, J., Heim, S., Schubotz, R.I., & Anwander, A. (2006). The brain differentiates human and non-human grammars: Functional localization and structural connectivity. *Proc Natl Acad Sci USA* 103: 2458 –2463.
- Fries, P., Roelfsema, P.R., Engel, A.K., König, P., & Singer, W. (1997) Synchronization of oscillatory responses in visual cortex correlates with perception in interocular rivalry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 12699–12704.
- Frishkoff, G.A. (2004). *Brain electrical correlates of emotion and attention in lexical semantic priming*. PhD Thesis, University of Oregon, Eugene, Oregon.
- Goodglass, H., Kaplan, E. (1983). *La evaluación de la afasia y de trastornos relacionados*. Madrid, panamericana.

- Griffiths, T.D., Rees, A., & Green, G.G.R. (1999). Disorders of human complex sound processing. *Neurocase*, 5, 365–378.
- Hagoort, P. (2005). On Broca, brain, and binding: a new framework. *Trends Cogn Sci* 9: 416 – 423.
- Hagoort, P. (2007). The fractionation of spoken language understanding by measuring electrical and magnetic brain signals. Recuperado de [rstb.royalsocietypublishing.org](http://rstb.royalsocietypublishing.org).
- Halliday, A.M. (1993) (Ed): *Evoked potentials in clinical testing* (2<sup>a</sup> ed). Churchill Livingstone.
- Hickok, G, Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech perception. *Nat Rev Neurosci* 8: 393– 402.
- Huang, H.W., Meyer, A.M., & Federmeier, K.D., (2012). A “concrete view” of aging: event related potentials reveal age-related changes in basic integrative processes in language. *Neuropsychologia*;50(1):26-35.
- Humphries, C., Binder, J.R., Medler, D.A., & Liebenthal, E. (2007). Time course of semantic processes during sentence comprehension. *NeuroImage* 36: 924 – 932.
- Ibáñez, A., y Guevara, R. (2011). El lenguaje del cerebro. *Ciencia Cognitiva*, 5:1, 28-30.
- Igoa, J.M., García-Albea, J.E. & Saánchez-Casas, R. (1999). Gender-number dissociations in sentence production in Spanish. *Rivista de Lingüística* 11:165–198.
- Indefrey, P. (2004) Hirnaktivierungen bei syntaktischer Sprachverarbeitung: eine meta-analyse In: Muller, H.M. & Rickheit, G. (Eds), *Neurokognition der Sprache* Stauffenburg Verlag. Tübingen, pp 31-50.
- Indefrey, P., & Cutler, A (2005) Prelexical and lexical processing in listening. In: Gazzamga, M. (Ed ). *The Cognitive Neurosciences III* MIT Press. Cambridge, MA.
- Indefrey, P., Hagoort, P., Herzog, H., Seitz, R.J., & Brown, C.M. (2001b) Syntactic processing in left prefrontal cortex is independent of lexical meaning. *NeuroImage* 14, 546–555

- Joanette, Y., Ansaldo, A.I., Kahlaoui, K., Côté, H., Abusamra, V., Ferreres, A., & Roch-Lecours, A. (2008). Impacto de las lesiones del hemisferio derecho sobre las habilidades lingüísticas: perspectivas teórica y clínica. *Rev Neurol*; 46 (08):481-488
- Just, M.A., & Carpenter, P.A. (1992) A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychol Rev* 99:122-149
- Keller, T.A., Carpenter, P.A. & Just, M.A. (2001). The neural bases of sentence comprehension: a fMRI examination of syntactic and lexical processing. *Cerebral Cortex*, 11:223-237. Oxford University Press
- Kertesz, A. (2000). *Batería de afasias Western : manual del test*. Valencia, España.
- Klimesch, W. (1999) EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Rev* . 29: 169 195.
- Klimesch, W. (2012). Alpha band oscillations, attention and controlled access to stored information. *Trends Cong Sci*. 16(12):606-617.
- Klimesch, W., Fellinger, R., & Freunberger, R. (2011) Alpha oscillations and early stages of visual encoding. *Frontiers in Psychology* 2: 1–13. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00001.
- Klimesch, W., Schack, B., Schabus, M., Doppelmayr, M., Gruber, W., & Sauseng, P. (2004) Phase locked alpha and theta oscillations generate the P1-N1 complex and are related to memory performance. *Cognitive Brain Research* 19: 302–316.
- Kopell, N., Ermentrout, G.B., Whittington, M.A., & Traub, R.D. (2000). Gamma rhythms and beta rhythms have different synchronization properties. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97: 1867–1872.
- Kuperberg, G.R. (2006). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges of syntax. *Brain Research*, 1146: 23-49.
- Lázaro, E., Quintanar, R., y Solovieva, Y., (2010). Análisis neuropsicológico de pacientes con diferentes tipos de afasia. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*. ISSN 2075-9479 Vol 2, 33-46.
- Luria, A.R. (1973). *Bases de la neuropsicología*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.
- Luria, A.R. (1974). *Cerebro y lenguaje*. España: Editorial Fontanella S.A.
- Luria, A.R. (1974). *El cerebro en acción*. España: Editorial Fontanella S.A.

- Luria, A.R. (1980). *Fundamentos de Neurolingüística*. España: Toray-Masson.
- Luria, A.R. (1984). *Conciencia y Lenguaje*. España: Aprendizaje Visor.
- Luria, A.R. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Distribuciones Fontamara, S.A.
- Malconi, M., (editor). (2008). *Neuropsychology of communication*. Springer, Italy: Catholic University of Milan.
- Manenti, R., Cappa, S.F., Rossini, P.M., & Miniussi, C. (2008) The role of the prefrontal cortex in sentence comprehension: an rTMS study. *Cortex* 44:337-344
- Mazoyer, B.M., Tzourio, N., Frak, V., Syrota, A., Murayama, N., Levrier, O., Salamon, G., Dehaene, S., Cohen, L., & Mehler, J. (1993) The cortical representation of speech. *J. Cogn. Neurosci.* 5, 467–479
- Meyer, A.M., & Federmeier, K.D. (2010). Event-related potentials reveal the effects of aging on meaning selection and revision. *Psychophysiology.*; 47(4):673–686.
- Meyer, M. Frederici, A.D., & von Cramon, Y. (2000) Neurocognition of auditory sentence comprehension: event related fMRI reveals sensitivity to syntactic violations and task. *Cogn Brain Res.* 9(1), 19-33.
- Moro, A., Tettamanti, M., Perani, D., Donati, C., Cappa, S.F., & Fazio, F. (2001) Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies. *NeuroImage* 13, 110–118.
- Newman, A.J. et al. (2001) An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations. *J Psycholinguist Res.* 30, 339–364.
- Niedermeyer, E. y Lopes Da Silva, F. (1995) (Eds). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields*. 3ª edición. Williams & Wilkins.
- Nunez, P.L. (1981). *Electric fields of the brain: The neurophysics of EEG*. Oxford University Press.
- Opitz, B., & Friederici, A.D. (2004). Brain correlates of language learning: the neuronal dissociation of rule-based versus similarity-based learning. *J Neurosci* 24: 8436 – 8440.
- Opitz, B., & Friederici, A.D. (2007). Neural basis of processing sequential and hierarchical syntactic structures. *Hum Brain Mapp* 28: 585–592.

- Peña, J. (1990). *Programa Integrado de exploración neuropsicológica "Test Barcelona". Manual*. Barcelona: Masson.
- Peña, M., & Melloni, L., (2012). Brain Oscillations during Spoken Sentence Processing. *J Cogn Neurosci*;24(5):1149-64. Epub 2011 Oct 7.
- Petsche, H. (1996). Approaches to verbal, visual and musical creativity by EEG coherence analysis. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 145 – 159.
- Petsche, H. & Etlinger, S. C. (1998). *EEG and thinking*. Wien: Oesterreichische Akademie der Wissenschaften.
- Prat, C.S. (2011). The brain basis of individual differences in language comprehension abilities. *Language and Linguistics Compass*, 5/9: 635-649.
- Pulvermüller, F. (2002). The neuroscience of language. On brain circuits of words and serial order. *Cambridge University Press*, 33 – 49.
- Pulvermüller, F., & Fadiga, L. (2010). Active perception: sensorimotor circuits as a cortical basis for language. *Nat Rev Neurosci* 11: 351–360.
- Pulvermüller, F., Lutzenberger, W. & Birbaumer, N. (1995). Electro cortical distinction of vocabulary types. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 94, 357-370.
- Quintanar, L. (1994). *Modelos Neuropsicológicos en Afasiología. Aspectos Teóricos y Metodológicos*. México: Fondo para la Modernización de la Educación Superior. BUAP.
- Quintanar, L. (2001). La escuela neuropsicológica soviética. *Revista Española de Neuropsicología* 4,
- Quintanar, L., Lázaro, E., Solovieva, Y. (2006). Diagnostico Neuropsicológico de la Afasia Motora Eferente. *Revista Española de Neuropsicología* 8, 1-2:43-61
- Quintanar, L., Solovieva, Y. (2002). Análisis neuropsicológico de las alteraciones del lenguaje. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 55 (1), 67-87.
- Quintanar, L., Solovieva, Y. (2002). Evaluación Neuropsicológica de sujetos normales con diferentes niveles educativos. *Revista española de Neuropsicología* 4, 2-3: 197-276.
- Quintanar, L., Solovieva, Y., Bonilla, M., Sánchez, A., Figueroa, S. (2002). Cambios clínicos y electrofisiológicos después de terapia neuropsicológica en un paciente

- con afasia motora eferente. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje y Neuropsychología Latina* 5, No. 2b: 205-222.
- Quintanar, L., Solovieva, Y., & León-Carrión, J. (2009). *Evaluación clínico-neuropsicológica de la afasia Puebla-Sevilla*. España, NeuroBirds.
- Quintanar, L., Solovieva, Yu., Azcoaga, J., Peña, E., Bonilla, M., Yáñez, G., Eslava, J., Mejía, L., Rosas, R., Lázaro, E., Reigosa, V., y Uribe, C. (2008). *Los Trastornos del Aprendizaje. Perspectivas Neuropsicológicas*. Colombia: Géminis.
- Raghavachari, S., Kahana, M.J., Rizzuto, D.S., Caplan, J.B., Kirschen, M.P., Bourgeois, B., Madsen, J.R., & Lisman, J.E. (2001) Gating of human theta oscillations by a working memory task. *The Journal of Neuroscience* 21: 3175–3183
- Raghavachari, S., Lisman, J.E., Tully, M., Madsen, J.R., Bromfield, E.B., Kahana, M.J. (2006) Theta oscillations in human cortex during a working-memory task: evidence for local generators. *Journal of Neurophysiology* 95: 1630–1638.
- Regan, D. (1989). Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine. *Elsevier*.
- Rogalsky, C., & Hickok, G. (2009). Selective attention to semantic and syntactic features modulates sentence processing networks in anterior temporal cortex. *Cerebral Cortex* 19: 786 –796.
- Röhm, D., Klimesch, W., Haider, H. & Doppelmayr, M. (2001). The role of theta and alpha oscillations for language comprehension in the human electroencephalogram. *Neuroscience Letters*, 310: 137-140.
- Sakai, K.L., Hashimoto, R., Homae, F., (2001). Sentence processing in the cerebral cortex. *Neurosci Res.*;39(1):1-10.
- Smith, E.E., & Jonides, J. (1999) Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science* 283: 1657–1661.
- Stowe, L.A., Withaar, R. G., Wijers, A. A., Broere, C. & Paans, A. (2002). Encoding and storage in working memory during sentence comprehension. In *Sentence Processing and the Lexicon: Formal, Computational and Experimental Perspectives* (Merlo, P. and Stevenson, S., eds), pp. 181–206, Benjamin.
- Tsvetkova, L.S (1977). *Reeducación del Lenguaje, la Lectura y la Escritura*. Barcelona: Fontanella.

- Tsvetkova, L.S. (1995). *Curso de Afasia II*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Turken, A.U. & Dronkers, N.F. (2011). The neural architecture of language comprehension network: converging evidence from lesion and connectivity analyses. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 5: Article 1.
- Tyler, L.K. & Marslen-Wilson, W. (2007). Fronto-temporal brain systems supporting spoken language comprehension. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 1037 – 1054.
- Tyler, L.K., Stamatakis, E.A., Bright, P., Acres, K., Abdallah, S., Rodd, J.M., & Moss, H.E. (2004). Processing objects at different levels of specificity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(3), 351–362.
- Vandenberghe, R., Nobre, A.C., & Price, C.J. (2002). The response of left temporal cortex to sentences. *J Cogn Neurosci* 14: 550 –560.
- Véliz, M., Riffo, B., & Arancibia, B. (2010). Envejecimiento cognitivo y procesamiento del lenguaje: cuestiones relevantes. *Rla. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 48(1), 75-103.
- Vigotsky, L. S. (1934). *Pensamiento y Lenguaje*. Editorial Quinto Sol. México.
- Volf, N. V., & Razumnikova, O. M. (1999) Sex differences in EEG during verbal memory tasks in normal adults. *International Journal of Psychophysiology*, 34, 113 – 122.
- Wang, L., Jensen, O., van den Brink, D., Weder, N., Schoffelen, J., Magyari, L., et al. (2012). Beta oscillations relate to the N400m during language comprehension. *Human Brain Mapping*, 33(12), 2898-2912.
- Wang, L., Zhu, Z., & Bastiaansen, M. C. M. (2012). Integration or predictability? A further specification of the functional role of gamma oscillations in language comprehension. *Frontiers in Psychology*, 3(187).
- Weiller, C., Musso, M., Rijntjes, M., & Saur, D. (2009). Please don't underestimate the ventral pathway in language. *Trends Cogn Sci* 13: 369 –370.
- Weiss, S. & Mueller, H.M. (2003). The contribution to EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language* 85. 325 – 342
- Weiss, S. & Mueller, H.M. (2012). Too many betas do not spoil the broth. *Frontiers in Psychology*; Volume 3, 3:201

- Weiss, S., Mueller, H.M., Schack, B., King, J.W., Kutas, M., & Rappelsberger, P., (2005). Increased neuronal communication accompanying sentence comprehension. *Int J Psychophysiol*; 57(2):129-41.
- Weiss, S., & Rappelsberger, P. (1998). Left frontal EEG coherence reflects modality independent language process. *Brain Topography*, 11, 33 – 42.
- Wise, R. (2003) Language systems in normal and aphasic human subjects: functional imaging studies and inferences from animal studies. *Br Med Bull* . 65 95 119.
- Wlotko, E.W., & Federmeier, K.D., (2012). Age-related changes in the impact of contextual strength on multiple aspects of sentence comprehension. *Psychophysiology*. ;10.1111/j.1469-8986.2012.01366.x.
- Womelsdorf, T., & Fries, P. (2007) The role of neuronal synchronization in selective attention. *Current Opinion in Neurobiology* 17: 154–160.
- Zhu, Z., Hagoort, P., Zhang, J.X., Feng, G., Chen, H.C., Bastiaansen, M., & Wang, S. (2012). The anterior left inferior frontal gyrus contributes to semantic unification. *Neuroimage*; 60(4):2230-7.