



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**CORRELATO ENTRE LA POTENCIA ABSOLUTA DEL EEG Y EL
DESEMPEÑO LINGÜÍSTICO EN NIÑOS DE 5 A 7 AÑOS CON DESARROLLO
NORMOTÍPICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

VANIA VERÓNICA MORALES GARCÍA

DIRECTORA: DRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ

REVISORA: DRA. NATALIA ARIAS TREJO

SINODALES:

DRA. OLGA ARACELI ROJAS RAMOS

DR. ÁNGEL EUGENIO TOVAR Y ROMO

LIC. MOISÉS EDUARDO RODRÍGUEZ OLVERA



**Facultad
de Psicología**

Ciudad Universitaria, CD. MX., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos institucionales

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser el lugar de mi formación académica y profesional.

A la Dra. Itzel Galán, por brindarme la oportunidad de trabajar y aprender de usted, por enseñarme a ser más positiva y a confiar en mi trabajo. Por confiar en mí, por todo el tiempo que me brindó durante tantas asesorías y por haberse adaptado a mi manera tan rebuscada de escribir.

A la Dra. Olga Rojas, por sus valiosas aportaciones teóricas y por motivarme a ser mejor estudiante.

A la Dra. Natalia Arias por haberme apoyado desde la primera fase de la construcción del proyecto.

Al Dr. Ángel Tovar, por sus aportaciones y por haber despertado mi interés por la otra perspectiva teórica respecto a la adquisición del lenguaje.

Al Lic. Eduardo Rodríguez, por instruirme y asesorarme desde que compartimos seminarios y lo abordé con preguntas en el instituto.

Al Dr. Isaac Acosta, por sus creativas aportaciones en el análisis estadístico, por resolver todas mis dudas y en general por haberme brindado su ayuda durante la elaboración de mi tesis.

A la Mtra. Marlene Galicia por haberme guiado desde el inicio, por la paciencia y el conocimiento que me brindó en tantas evaluaciones y registros. Muchas gracias por tantas horas de trabajo juntas.

A la Téc. Ana Sánchez por enseñarme y acompañarme en cada registro, por toda la ayuda que me brindaste en el instituto y por las pláticas tan agradables que tuvimos.

Al Dr. Héctor Brust Carmona, por haberme permitido entrar al laboratorio, por compartirme su conocimiento y su entusiasmo por realizar investigación, siempre le tendré gran admiración.

A todos los colaboradores y personal de salud que forman parte del protocolo de investigación 50/17 “Análisis de la potencia EEG de niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) y niños con Desarrollo Típico (DT) durante la presentación de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos” del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra”.

En especial, a todos los niños y padres de familia que participaron en el proyecto.

Agradecimientos personales

A mis padres por su apoyo incondicional; mamá, gracias por el esfuerzo, la constancia y dedicación absoluta. Papá, gracias por compartirme tus experiencias, por motivarme a alcanzar mis metas y darme siempre los recursos para hacerlo. Ambos me han enseñado a ser una mejor persona y todo lo que he logrado se los debo a ustedes.

A mi hermana Tania; nadie me conoce, me entiende, ni me quiere como tú. Has estado en mis mejores y peores momentos. Mi otra mitad por siempre.

A Carlos, estoy muy orgullosa de tener un hermano tan capaz como tú, agradezco todo lo que me has enseñado, dígas lo que digas eres “el campeón” de la familia, te admiro y espero un día llegar a estar donde estás.

Gracias infinitas a los cuatro, a Hollie y a Haku. Los amo con todo mi corazón.

A mi tía, por cuidarme y estar en todo momento; a mi prima, por el apoyo y cariño sincero que me has tenido desde pequeña. Son parte de mi familia nuclear.

A mis amigas, que me han escuchado, aconsejado y me han hecho saber que cuento con ustedes de manera incondicional, hacen mis días muchísimo más alegres. ¡Las quiero mucho!

A Lalo, por hacer siempre lo que está en tus manos para ayudarme y por compartir lo mejor de tu persona conmigo. Gracias por ser el primero en confiar y creer en mí, por todas las veces que me animaste a seguir esforzándome y que me brindaste tu cariño.

Contenido

Resumen	1
Introducción	2
I. Procesamiento lingüístico	3
1.1 Bases anatomofuncionales del procesamiento lingüístico.....	4
1.2 Desarrollo ontogénico del procesamiento lingüístico.....	9
II. Evaluación del procesamiento y desempeño lingüístico	12
2.1 Métodos psicofisiológicos en la evaluación del procesamiento lingüístico.....	12
2.2 Tests psicológicos en la evaluación del desempeño lingüístico.....	20
III. Justificación	22
IV. Objetivos	23
V. Hipótesis	23
VI. Método	23
6.1 Tipo y diseño de estudio	23
6.2 Participantes y selección de la muestra.....	23
6.3 Criterios de selección.....	24
6.4 Variables.....	25
6.5 Instrumentos.....	26
6.6 Procedimiento.....	27
6.7 Análisis de Datos.....	30
VII. Resultados	31
7.1 Desempeño lingüístico.....	31
7.2 Potencia absoluta.....	31
6.5 Relación entre potencia absoluta y desempeño lingüístico.....	39
VIII. Discusión	42
IX. Conclusiones	47
X. Referencias	48

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Valores y diferencia entre condiciones para la banda theta ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$).....	32
Tabla 2. Valores y diferencia entre condiciones para la banda alfa ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$).....	33
Tabla 3. Valores y diferencia entre condiciones para la banda beta ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$).....	34
Tabla 4. Valores y diferencias interhemisféricas ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$).....	36

Figuras

Figura 1. Estructuras y vías involucradas en el funcionamiento lingüístico.....	6
Figura 2. Paradigma de registro de EEG.....	29
Figura 3. Resultados de desempeño lingüístico por subdominio	31
Figura 4. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda theta.....	37
Figura 5. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda alfa.....	38
Figura 6. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda beta.....	38

Resumen

El lenguaje es una función cognitiva compleja y es esencial en el desarrollo general del niño. Comprender las bases del procesamiento lingüístico en esta población contribuye a la caracterización de su funcionamiento normal. Actualmente, existen diversas herramientas que facilitan su exploración; las baterías neuropsicológicas aportan mediciones objetivas del desempeño lingüístico infantil; mientras que la información obtenida a partir del estudio de las oscilaciones cerebrales por medio del electroencefalograma (EEG) cuantitativo favorece a la comprensión de los mecanismos fisiológicos que subyacen esta función.

Objetivo general: conocer la asociación de la potencia absoluta (PA) ante estimulación audioverbal y las puntuaciones de las subpruebas de desempeño lingüístico en niños con desarrollo normotípico.

Método: la muestra fue de tipo intencional de niños entre 5.0-7.11 meses de edad (n: 20) con desarrollo normotípico, participación voluntaria, consentimiento y asentimiento por escrito.

Para explorar el desempeño lingüístico de los participantes, se aplicaron las subpruebas Percepción Auditiva, Repetición, Expresión, Comprensión y Habilidades Metalingüísticas de la batería Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI). Posteriormente, se registró la actividad electroencefalográfica durante dos condiciones: actividad espontánea (AE; actividad eléctrica cerebral en estado de reposo y ojos abiertos) y estimulación audioverbal (EA; actividad eléctrica cerebral ante la presentación binaural repetida de la monosílaba /ta/), mediante un electroencefalógrafo digital (Nicolet One de 31 canales) con distribución y colocación de electrodos de acuerdo al sistema internacional 10/20.

Respecto al análisis de la actividad EEG, se utilizó la transformada de Fourier en épocas de 1 segundo libres de artefactos para obtener la PA de las bandas de frecuencia theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) y beta (13-30 Hz) de ambas condiciones. Posteriormente, se obtuvo la diferencia de potencia entre ambas. Adicionalmente, para conocer si existen diferencias interhemisféricas en la potencia de cada una de las bandas se comparó la potencia absoluta total de los electrodos izquierdos con la potencia absoluta total de los electrodos derechos, así como la potencia absoluta de cada derivación homóloga.

Resultados: se registró un incremento de PA durante EA en las tres bandas de frecuencia, respecto a la AE. No hubo diferencias significativas ante EA en la comparación interhemisférica, sin embargo, al realizar la comparación entre derivaciones homólogas se observaron diferencias principalmente en regiones temporales en las bandas de frecuencia alfa y beta. Respecto al análisis de correlación, se observó que valores menores en la PA de theta se relacionaron con puntuaciones más altas en las subpruebas aplicadas; mientras que valores mayores en la PA de alfa y beta se relacionaron con puntuaciones más altas en el desempeño lingüístico.

Conclusiones: los resultados obtenidos sugieren que en este grupo de edad las oscilaciones cerebrales están involucradas en el procesamiento lingüístico; el patrón registrado para cada banda de frecuencia depende de la demanda cognitiva de la tarea y refleja aspectos de maduración en este rango de edad. La complementariedad de herramientas en el presente estudio permitió explorar el lenguaje de forma integral; analizando los patrones fisiológicos y su relación con el desempeño, lo cual contribuyó a la comprensión de esta función.

El lenguaje es un sistema de comunicación exclusivo de nuestra especie que comienza su desarrollo desde las primeras etapas de la infancia (Friederici, 2005; Saffran, Werker & Werner, 2006). Ha sido considerado el pilar de la cognición humana y “nuestro máximo logro” (Berwick, Friederici, Chomsky & Bolhuis, 2013; Kandel et al., 2013).

Debido a la complejidad de este sistema y a la innovación de métodos para su estudio, han incrementado los intentos por esclarecer las bases neurobiológicas subyacentes (Friederici, 2011; Poeppel, 2014). Sin embargo, su investigación en población infantil puede presentar limitaciones metodológicas principalmente en la fase de instrumentación y adquisición de los datos (Friederici, 2006; Saby & Marshall, 2012); ya que las herramientas elegidas (p.ej. técnicas y pruebas) deben ajustarse a las capacidades cognitivas y físicas correspondientes a la edad de la muestra: ciertas técnicas implican restricción del movimiento, habituación al ambiente experimental y un estado de alerta constante; asimismo la cooperación del niño en el seguimiento de instrucciones es fundamental en la aplicación de cualquier prueba o paradigma (Bookheimer, 2000; Raschle et al., 2012; Kuhl & Rivera-Gaxiola, 2008).

Existen distintas pruebas neuropsicológicas y herramientas no invasivas como el electroencefalograma (EEG), que con el uso de distintos paradigmas y técnicas de análisis pueden enriquecer la exploración del procesamiento lingüístico en esta etapa. A pesar de ello, son pocas las investigaciones que han analizado la asociación entre el desempeño lingüístico de los niños y las propiedades de las oscilaciones cerebrales, obtenidas a partir del análisis espectral de frecuencias. El objetivo del presente estudio fue analizar si existe una relación entre los cambios de potencia absoluta de niños con desarrollo normotípico ante estimulación audioverbal y su puntuación en las subpruebas lingüísticas de una batería neuropsicológica.

En los primeros capítulos se presentan las bases anatomofuncionales del procesamiento del lenguaje y las características de su desarrollo, así como diversos métodos utilizados para su investigación. Posteriormente, se exponen los objetivos del estudio y se refiere el método como una propuesta de abordaje. Finalmente se describen y discuten los resultados obtenidos, incluyendo las principales limitaciones, aportaciones y sugerencias, identificadas a lo largo de la elaboración del proyecto.

Procesamiento Lingüístico

El lenguaje es una función cognitiva compleja, crucial en el desarrollo general del niño (Capone & McGregor, 2004; Jansen et al., 2013; Määttä et al., 2012; McLeod & Verdon, 2014; citados en AlHammadi, 2017) y es definido como una función psicológica superior que abarca el uso de un sistema de comunicación simbólico; incluyendo la expresión y recepción del mismo (American-Speech-Language-Hearing Association, “s.f.”; Owens, 2003). Adicionalmente, es importante conocer cómo las representaciones lingüísticas son construidas y recuperadas para lograr que la comprensión y producción sea exitosa; es decir, cómo ocurre el procesamiento lingüístico en el cerebro (Bulut & Wu, 2016; Ferreira, 2005).

Para el desarrollo normotípico de esta función, todo niño debe aprehender sus cinco dominios básicos (AlHammadi, 2017) que, de acuerdo con Puyuelo (2003) se pueden agrupar de la siguiente manera:

Forma

- **Fonología:** uso y combinación adecuada de las unidades mínimas del lenguaje oral que pueden reflejar una diferencia de significado, denominadas fonemas; que en conjunto componen los morfemas o unidades mínimas de significado (Owens, 2003). El español posee cinco fonemas vocálicos y diecisiete consonánticos (Mejía, 2013).
- **Morfología:** sistema de reglas que dictan cómo los morfemas deben ser utilizados y organizados en las palabras de un lenguaje (Hoff, 2014).
- **Sintaxis:** sistema que dicta la organización de las posibles combinaciones de las palabras para formar oraciones y frases (Hoff, 2014; Puyuelo, 2003).

Contenido

- **Semántica:** significado de todas las palabras y de todas las posibles oraciones en un lenguaje; existen dos tipos de semántica: léxica, que abarca el significado de una sola palabra; y composicional, la cual comprende el significado de todo el enunciado (Puyuelo, 2003).

Función

- **Pragmática:** conjunto de reglas asociadas al uso adecuado del lenguaje dependiendo del contexto social (Owens, 2003).

Bases Anatomofuncionales del Procesamiento Lingüístico

Actualmente, existen diversos modelos que describen el papel de las principales estructuras y vías involucradas en el procesamiento lingüístico (Berwick et al., 2013; Friederici, 2012; Friederici & Gierhan, 2013; Friederici, 2006; Poeppel, 2014); los cuales han sido obtenidos primordialmente a partir de estudios y casos clínicos realizados en población adulta. Respecto a la investigación en población infantil, el modelo del adulto puede resultar útil cuando es concebido como la etapa final del desarrollo de este proceso o como base teórica general del mismo (Stiles, Reilly, Levine, Trauner & Nass, 2012). De manera paralela, han incrementado los estudios que pretenden identificar la organización anatomofuncional que el niño presenta durante el procesamiento de los distintos componentes del lenguaje; incluyendo aspectos como el desarrollo de la especialización hemisférica, característica que se considera consolidada en el adulto (Hoff, 2014). Uno de los paradigmas más sencillos en la investigación del procesamiento lingüístico en niños pequeños e infantes es la presentación por vía auditiva de monosílabas sin contenido semántico, ya que facilitan la exploración del componente fonológico, elemental para el desarrollo posterior de los componentes más complejos, sin necesidad de que el niño realice algún tipo de tarea (Kuh & Rivera-Gaxiola, 2008). Debido al contexto expuesto anteriormente, se presentarán las bases anatomofuncionales del modelo del adulto y se profundizará en los aspectos involucrados en el procesamiento fonológico; desde la entrada sensorial hasta el reconocimiento del estímulo. Posteriormente se describirán los cambios que se han identificado en el desarrollo de la especialización durante el procesamiento lingüístico.

Percepción del habla

Para que se logre la comprensión del lenguaje oral, los estímulos lingüísticos deben ser primero percibidos por el individuo: el pabellón auricular (parte del oído externo) capta las ondas sonoras, las cuales atraviesan el conducto auditivo y llegan a la membrana timpánica.

Posteriormente, pasan por los tres huesecillos del oído medio (martillo, yunque y estribo) y llegan a la cóclea, estructura del oído interno que aloja al órgano de Corti; encargado de transformar esta energía mecánica en señales eléctricas principalmente por medio del trabajo de las células ciliadas, las cuales mandan información por medio de los axones del nervio coclear (VIII par craneal) a los núcleos cocleares en el tallo cerebral. A partir de ese momento, la señal pasa por el complejo olivar superior y los núcleos del lemnisco lateral hasta llegar a los colículos del mesencéfalo, que mandan información al núcleo geniculado medial del tálamo para que

finalmente la señal sea recibida por la corteza auditiva primaria (CAP o área 41 de Brodmann; ver Figura 1) situada en el giro de Heschl (GH), en el lóbulo temporal (Morosan et al., 2001; Kandel et al., 2013); encargada de realizar el análisis acústico primario, sin importar el tipo de estímulo auditivo (Hickok & Poeppel, 2000; Poeppel, 2014).

Procesamiento cerebral durante el análisis acústico-fonológico

Hickok y Poeppel (2000) proponen que el primer paso en la construcción de representaciones lingüísticas involucra la participación bilateral de la parte posterior del lóbulo temporal superior; afirman que estudios basados en técnicas de neuroimagen han encontrado activación bilateral en esta región ante la percepción pasiva de estímulos lingüísticos. De manera específica, se ha propuesto (Friederici, 2011; Thompson et al., 2016; Zatorre, Belin & Penhune, 2002) que la CAP del HI responde preferentemente a características de los sonidos del habla que ocurren rápidamente, como la identificación de fonemas en una secuencia (20-50 ms) mientras que el hemisferio derecho (HD) responde principalmente a características en términos de su frecuencia (como la información suprasegmental necesaria para la intención comunicativa, ocurriendo a los 150-300 ms).

El *planum temporale* (PT) es una región posterior al GH, situada en el área 22 de Brodmann o área de Wernicke, que promueve el paso de información a regiones corticales de orden superior y participa en la categorización de estímulos auditivos al analizar las características espectrotemporales (de frecuencia y tiempo) de la señal facilitando la discriminación fonológica. De manera paralela, la región posterior izquierda del giro temporal superior (GTS) procesa características acústicas básicas de la señal. Posteriormente, la región anterolateral al GH en el giro temporal superior/surco temporal superior, discrimina los sonidos lingüísticos de los no lingüísticos y está implicada en la percepción de fonemas (Friederici, 2011).

Repetición del lenguaje y procesamiento semántico complejo

Al llevar a cabo la repetición de contenido lingüístico, están involucrados procesos como el uso de la memoria de trabajo fonológica para mantener el estímulo percibido y aspectos que tienen que ver con la producción del habla, como la planeación y la ejecución articulatoria (Ferreira, 2005; Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002). En una revisión de las bases neurobiológicas del procesamiento lingüístico, Friederici (2011) señala que existe una vía dorsal, compuesta por el fascículo longitudinal superior (FLS), que conecta indirectamente al giro

temporal medial (GTM) o GTS con la corteza premotora (CPM) mediante la corteza parietal (CP). Lesiones en regiones a lo largo de la vía entre la corteza temporal (CT) y la corteza frontal (CF) pueden causar déficit en la repetición, ya que esta red cortical involucra al sistema de entrada auditivo en el GH, al PT, a la CP inferior, que soporta la memoria de trabajo fonológica y a la CPM, involucrada en la emisión del habla (Friederici & Gierhan, 2013). Por otro lado, el procesamiento de estructuras sintácticas complejas involucra a las regiones posteriores del área de Broca (BA 44) y del GTS. Estas regiones están conectadas por otra vía dorsal formada por el fascículo arqueado, el cual se ha observado que no está completamente desarrollado en niños que poseen dificultades en el procesamiento de oraciones sintácticamente complejas (Friederici, 2011); ambas vías se pueden observar en la Figura 1.

Procesamiento semántico y sintáctico básico

Las áreas de Brodmann 45 y 47 se asocian con procesos semánticos como la categorización y el juicio semántico a nivel de palabras. Así mismo, el GTM facilita el acceso léxico-semántico, mientras que el GTS y el giro angular procesan aspectos semánticos más allá del significado de una sola palabra. El fascículo fronto-occipital-inferior es una vía ventral que conecta la CF con regiones posteriores del cerebro; la CT posterior, la corteza occipital y la CP (como se ilustra en la Figura 1). Estudios de Friederici y Gierhan (2013) en pacientes con problemas semánticos han corroborado la relación de esta vía con el procesamiento semántico. Por otro lado, el fascículo uncinado es la otra vía ventral y conecta la CF inferior anterior con la CT anterior, regiones involucradas en la estructuración sintáctica de oraciones simples.

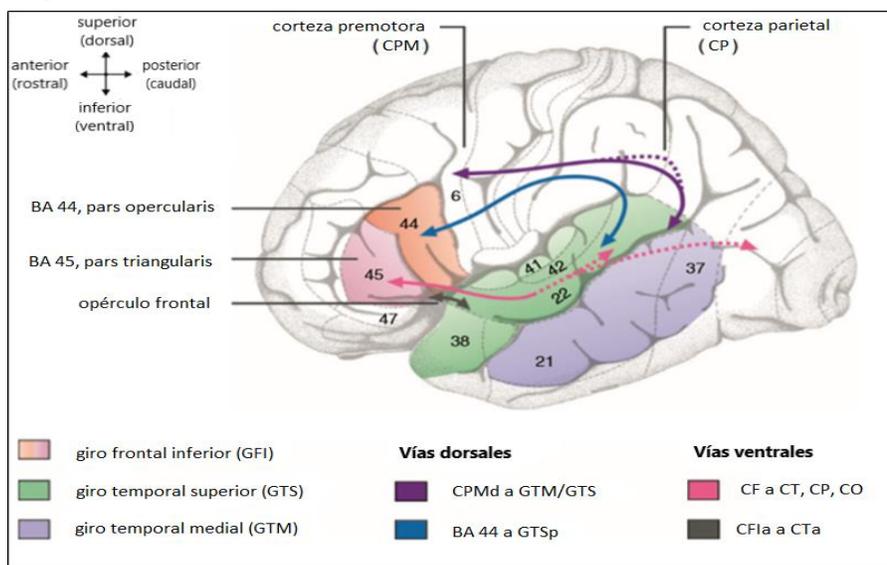


Figura 1. Estructuras y vías involucradas en el funcionamiento lingüístico. Adaptado y traducido de “The language network” por A.D. Friederici & S. M. Gierhan, *Current Opinion in Neurobiology*, 23, p. 251.

Desarrollo de la especialización del procesamiento lingüístico

Se ha documentado (Kandel et al., 2013; Portellano, 2009; Stiles et al., 2013) que en más del 95% de los adultos sin importar su lateralidad manual; la gramática, el ensamble fonémico, el léxico y la producción fonética del lenguaje implican primordialmente la participación del hemisferio izquierdo (HI). En la misma línea, Hervé, Zago, Petit, Mazoyer y Tzourio-Mazoyer (2013) señalan que existen correlaciones positivas entre el volumen cerebral y la asimetría funcional con predominancia izquierda durante la percepción del lenguaje, así como entre el volumen cerebral y la asimetría hemisférica de la materia gris predominantemente izquierda. Sin embargo, el desarrollo de la organización anatomofuncional durante el procesamiento lingüístico, incluyendo aspectos de especialización de las regiones involucradas en población infantil, aún no se comprenden por completo (Binder et al., 2000; Kuhl, 2010; Stiles et al., 2013; Thompson et al., 2016; Travis et al., 2011); en 1967, Lennenberg propuso que ambos hemisferios tienen la misma capacidad de asumir funciones lingüísticas hasta la pubertad, fenómeno denominado como equipotencialidad (citado en Stiles et al., 2013); mientras que perspectivas opuestas (Stiles et al., 2013) afirman que el HI está especializado para el lenguaje desde el comienzo de la vida. A continuación se describirán diversas investigaciones que plantean características de la especialización del procesamiento lingüístico a lo largo del desarrollo.

Se ha descrito que el PT es de mayor tamaño en el lóbulo temporal del HI, esta asimetría observada se presenta en 6 o 7 personas de cada 10, principalmente en diestros (Portellano, 2005, 2009) y se ha identificado desde etapas tempranas de desarrollo; utilizando resonancia magnética (RM), Dubois et al. (2009) observaron que en neonatos prematuros las regiones anterior y posterior de la cisura de Silvio son más grandes en el HI en comparación con el HD, así como un surco temporal superior más profundo en el HD. Adicionalmente, se ha observado mayor prolongación de la cisura lateral hacia la zona posterior en el HI en un 60% de los casos, lo que es explicado como mayor amplitud de territorio cortical para el lenguaje (Portellano, 2005).

Por otro lado, a partir del análisis de potenciales relacionados con eventos (PRE), diversas investigaciones han identificado patrones de activación bilaterales en infantes, observando un incremento en la especialización del lenguaje en el HI a medida que la edad y el aprendizaje del lenguaje incrementa (Stiles, Reilly, Levine, Trauner & Nass; 2012). De la misma manera, se ha reportado activación bilateral en tareas de generación de verbos en etapas

tempranas del desarrollo, activación que incrementa en el HI en relación con la edad de los participantes (Holland, 2001; Stiles et al., 2012).

Peña y cols. (2003) decidieron investigar si existe una predominancia del HI para el habla en neonatos de tan solo 2-5 días de nacimiento. Con base en la espectroscopía infrarroja estimaron los cambios en la concentración de hemoglobina total y encontraron mayor activación en áreas temporales del HI en comparación con áreas del HD al escuchar bloques de 15 segundos de cuentos infantiles. En función de sus resultados, los autores sugieren que los seres humanos nacen con una organización cerebral orientada a detectar señales del habla, lo cual interpretaron como una superioridad del HI para procesar propiedades específicas del lenguaje.

Dehane-Lambertz et al. (2002) utilizaron resonancia magnética funcional (fMRI) para observar qué regiones soportan el procesamiento de estímulos lingüísticos en infantes de 3 meses de edad y observaron una fuerte activación del HI, abarcando al giro angular (GA) y el GTS; concluyeron que los resultados son evidencia de una asimetría temprana a favor de este hemisferio durante el procesamiento de sonidos lingüísticos, similar a la observada en adultos.

En una revisión de las bases neuronales del lenguaje realizada por Friederici (2006), se propone que las funciones primarias de este proceso en los niños son similares a las de los adultos en aspectos de lateralización, observando dominancia en corteza parietotemporal derecha ante características prosódicas desde los 3 meses de edad (Homeae et al., 2006), así como mayor reclutamiento de áreas en el HI ante palabras conocidas que ante palabras desconocidas (Mills et al., 1997); por lo que Friederici sugiere que las bases cerebrales del lenguaje se desarrollan de manera continua en el tiempo.

Travis y cols. (2011) decidieron explorar si el procesamiento lingüístico en infantes de 12-18 meses de edad es similar al propuesto en población adulta utilizando dos técnicas; magnetoencefalografía (MEG) y RM. Encontraron una onda negativa a los 400 ms posteriores a la presentación de palabras familiares (palabras que los cuidadores primarios reportaron como “conocidas” para los infantes) en regiones frontotemporales, similar a la observada en adultos durante la codificación semántica. Con base en sus resultados, sugieren que el reclutamiento de regiones izquierdas ante la presentación de palabras está presente desde etapas tempranas en el desarrollo.

Utilizando fMRI durante una tarea de categorización auditiva, Balsamo, Xu y Gaillard (2006) decidieron explorar la representación cortical del procesamiento semántico de 23 niños

con desarrollo normotípico de 5 a 10 años de edad, estableciendo las siguientes regiones de interés: giro frontal inferior (GFI), giro frontal medial (GFM), giro temporal medial (GTM), giro temporal superior/ lóbulo parietal inferior y región fusiforme (áreas de Brodmann: 20, 37). Los resultados revelaron una especialización del HI en el 78% de los niños, específicamente una fuerte activación en el GFI y GTM. Los autores concluyeron que esta activación refleja una fuerte lateralización izquierda para el procesamiento del lenguaje por vía auditiva desde los 5 años de edad.

Sin embargo, Spironelli y Angrilli (2009; 2010) señalan que la especialización del HI durante el procesamiento lingüístico solo puede ser alcanzada una vez finalizadas cada una de las etapas del aprendizaje del lenguaje, incluyendo la lectoescritura; ya que encontraron que la lateralización de las redes neuronales involucradas en el reconocimiento visual de palabras no se ha consolidado en niños de 10 años de edad, principalmente debido a que el aprendizaje de la lectura es un proceso que inicia en etapas posteriores del desarrollo infantil y que requiere mayor práctica para observar un rendimiento y una lateralización similar a lo observado en la etapa adulta.

La integración de la investigación actual aporta una visión dinámica y cooperativa entre ambos hemisferios durante el procesamiento lingüístico, la cual involucra la participación de diversas estructuras y vías a lo largo de los diferentes niveles del procesamiento, desde la entrada sensorial hasta el reconocimiento e interpretación del estímulo; sin embargo, la descripción de las bases anatomofuncionales de este proceso en población infantil requiere de mayor esclarecimiento (Binder et al., 2000; Friederici, 2011; Kuhl, 2010; Stiles et al., 2013; Thompson et al., 2016; Travis et al., 2011).

Desarrollo Ontogénico del Procesamiento Lingüístico

Estudios en infantes prematuros demuestran que la función coclear comienza alrededor de la semana 20-25 de gestación, y a partir de la semana 30 se han observado movimientos corporales e incrementos en la frecuencia cardíaca de fetos ante sonidos de intensidad relativamente alta (110 dB; Kisilevsky, Pang & Hains, 2000).

Se ha planteado que las primeras habilidades pre- requisito para el lenguaje que poseen los neonatos se originan también en la etapa gestacional (Kisilevsky et al., 2009); exhiben un aumento en la frecuencia cardíaca al escuchar la voz de su madre y una disminución al escuchar la voz de una mujer extraña, ambas grabadas leyendo el mismo verso (Kisilevsky et al., 2003).

Adicionalmente, los fetos son sensibles a las características prosódicas de su lengua materna ya que demuestran un incremento en la frecuencia cardiaca al escuchar un lenguaje distinto al suyo. Estos hallazgos se han propuesto como evidencia de atención, memoria, así como aprendizaje de voces y lenguaje desde la vida intrauterina (Kisilevsky et al., 2009).

Decasper y Fifer (1980) demostraron que los neonatos de menos de tres días de vida son capaces de discriminar entre hablantes y de presentar un incremento en la succión ante la voz de su madre, lo que interpretaron como preferencia por la voz de ésta. A partir de los seis meses de edad postnatal, la función coclear alcanza su madurez (Kisilevsky et al., 2000).

Desde 1971 (Eimas, Siqueland, Jusczyk & Vigorit), se refirió que los infantes de 1 a 4 meses de edad son capaces de percibir los cambios acústicos que distinguen a las unidades fonéticas de cualquier lengua, fenómeno conocido como percepción categórica. Esta habilidad disminuye notoriamente alrededor los 12 meses de edad, sin embargo, su capacidad para discriminar los cambios fonéticos de su lengua materna incrementa y pueden comprender alrededor de 60-90 palabras (Kandel et al., 2013). Posteriormente, a los 18 meses de edad entienden el orden básico de las palabras en la formación de oraciones; en el español, este orden hace referencia a la estructura sujeto-verbo-objeto (SVO; p.ej. S= Pablo; V=da; O=la pelota a María; Mariscal & Auza, 2017), su vocabulario receptivo incrementa hasta 150 palabras (Fenson et al., 1993; en Kuhl, 2004) y a los 28 meses logran comprender oraciones complejas (Hoff, 2014; Kandel et al., 2013).

De manera paralela a la recepción, los infantes demuestran un avance significativo en la producción del habla en los primeros tres años de vida (Kuhl, 2004). Desde el nacimiento hasta los 3 meses de edad, solo producen sonidos no-lingüísticos, sin embargo, a partir de los 3 meses comienzan a emitir sonidos vocálicos (Kandel et al., 2013). Cerca de los 6-7 meses de edad aparece el balbuceo canónico, caracterizado por la articulación de sílabas reduplicadas con la forma: consonante-vocal. Las primeras palabras son emitidas entre los 11 y 13 meses (Friederici, 2006). Los infantes de alrededor de 18 meses de edad, son capaces de articular conjuntos de dos palabras y muestran un incremento súbito en el desarrollo de su vocabulario, fenómeno conocido como *vocabulary spurt* (Catani & Bambini, 2014) o explosión del vocabulario (Galián, Ato & Carranza, 2010). A los 21 meses de vida, la mayoría de los infantes poseen un vocabulario de 50-100 palabras y a los 3 años emerge la expresión de oraciones complejas (Billard, 2014; Yeates, Ris, Taylor & Pennington, 2010).

Desde los 3 años 6 meses los niños continúan incrementando su vocabulario y profundizando la comprensión que poseen del significado de las palabras, proceso que de acuerdo con Le Normand (2001), parece proseguir durante toda la vida. La mayoría de los fonemas en español son adquiridos alrededor de los 4 años, a excepción de los fonemas fricativos y líquidos que se adquieren de manera posterior (Aceña, 1996; Acevedo, 1993; Bosch, 1983; Hodson, 1994; Jiménez, 1987; Mason, Smith & Hishaw, 1976; Melgar de González, 1976; citados en Mejía, 2013).

En torno a los 5 años de edad, los niños han adquirido las principales reglas gramaticales de su idioma, saben los nombres de las letras del alfabeto y pueden escribir su nombre. Adicionalmente, empiezan a utilizar afirmaciones, preguntas y construcciones negativas más complejas (Chall, 1983; en Gleason & Ratner, 2010). Sobre la misma línea, López (2000) manifiesta que en esta etapa se espera que tengan una estructura en términos fonológicos y sintácticos muy similar a la de un adulto (Cerdas-Núñez, Polanco-Hernández & Rojas-Núñez, 2002).

Aproximadamente después de esta edad dejan atrás el lenguaje egocéntrico y comienzan a desarrollar su capacidad para establecer diferencias entre su perspectiva y la de los otros (Narbona & Chevrie-Muller, 2001; Piaget & Inhelder, 1997). Karmiloff-Smith (1986; citado en Rondal et al., 2003) sugiere que los 5 años se consideran la edad clave para la evolución de la funcionalidad discursiva.

Los niños de 6 años de edad comienzan el proceso de lectoescritura; aprenden las reglas de correspondencia grafema-fonema, deletrean palabras de una sílaba y leen textos sencillos (Chall, 1983; en Gleason & Ratner, 2010). Así mismo, son capaces de discriminar sonidos parecidos, conocer palabras abstractas básicas y contar una historia ordenada (Billard, 2014). Rondal, Esperet, Gombert, Thibaut y Comblain (2003) afirman que el niño y después el adolescente, deberán aprender las dimensiones discursivas y afinar aspectos pragmáticos; es decir, serán capaces de narrar sus experiencias o describir fenómenos que no están inmediatamente presentes de manera comprensible y coherente (Gleason & Ratner, 2010), así como identificar qué tipo de lenguaje conviene en un contexto dado (Le Normand, 2001).

Paralelo al aprendizaje de la lectoescritura, los niños mejorarán su desempeño en las habilidades metalingüísticas, que se definen como la capacidad de reflexión sobre el lenguaje y la manipulación de sus estructuras (Franco & Treuil, 2007). Por ejemplo, la conciencia

fonológica o habilidad para identificar, segmentar o combinar, de forma intencional las sílabas, las unidades intrasilábicas y los fonemas de las palabras se desarrolla entre los 4 y 8 años de edad (Defior & Serrano, 2011). Es importante destacar que a medida que los niños prosiguen con su desarrollo académico y se fomenta la interacción social, las habilidades que poseen en cada componente continuarán enriqueciéndose tanto en el lenguaje oral como en el escrito (Gleason & Ratner, 2010).

Con base en la información anterior, se puede observar que el desarrollo del lenguaje es entonces un proceso gradual que comienza desde la etapa gestacional y continúa perfeccionándose inclusive en la etapa adulta. Puede ser explorado por medio de los cambios funcionales presentes a nivel cerebral a lo largo del proceso, así como por medio de la valoración de las habilidades lingüísticas que los individuos van adquiriendo.

Evaluación del Procesamiento y Desempeño Lingüístico

El lenguaje ha sido estudiado desde diferentes disciplinas y enfoques. De acuerdo con Puyuelo, Salavera y Wiig (2013), su evaluación es una tarea compleja fundamentada en diferentes marcos teóricos y la elección de los procedimientos e instrumentos debe estar en función de los objetivos de la evaluación (Ortega, 1995). Dentro del campo de la psicología, los métodos psicofisiológicos han facilitado la exploración del procesamiento lingüístico en el cerebro (Kuhl, 2010); las pruebas estandarizadas son herramientas que aportan información relevante acerca del desempeño lingüístico; el cual refleja el uso del conocimiento del lenguaje y los procesos involucrados en la producción y comprensión del mismo ((Bulut & Wu, 2016) .

Métodos Psicofisiológicos en la Evaluación del Procesamiento Lingüístico

Las técnicas funcionales permiten analizar cambios dinámicos en el cerebro asociados a procesos cognitivos (Başar, Başar-Eroğlu, Güntekin & Yener, 2013), por lo que su uso ha incrementado en la investigación del procesamiento lingüístico (Friederici, 2011; Imada et al., 2006; Kuhl, 2010).

La fMRI es una técnica basada en el contraste de los niveles de oxígeno en la sangre (BOLD) para identificar las zonas de activación en el cerebro ante un estímulo o tarea en particular (Bandettini, 2012; Ogawa, Lee, Kay & Tank, 1990); se ha empleado para localizar las áreas y los cambios funcionales involucrados en distintos aspectos del lenguaje, desde la percepción en infantes de tres meses (Dehaene-Lambertz, Dehaene & Hertz-Pannier, 2002), hasta la comprensión de oraciones en niños de 3 años de edad (Vissienon, Friederici, Brauer &

Wu, 2017) y aspectos de lateralización a lo largo de las distintas etapas del desarrollo (Szaflarski, Holland, Schmithorst & Byars, 2006). Adicionalmente, su uso en población pediátrica ha incrementado ya que facilita la comprensión del correlato fisiológico del desarrollo lingüístico en población normotípica y niños con alguna patología cerebral (Holland et al., 2001). Sin embargo, existen ciertas desventajas que pueden presentarse al utilizar esta técnica; como la baja resolución temporal, el costo elevado y que algunos niños pueden presentar resistencia a permanecer dentro del resonador.

En comparación con la fMRI, la magnetoencefalografía (MEG) es una técnica no invasiva que posee mejor resolución espaciotemporal o capacidad para discriminar pequeñas dimensiones así como detectar cambios en la actividad neuronal a través del tiempo (Hirata et al., 2004), la cual aporta información de la actividad cerebral por medio del registro de campos magnéticos producidos por corrientes neuronales en diversas regiones cerebrales (Hämäläinen, Hari, Ilmoniemi, Knuutila & Lounasmaa, 1993; Hari & Salmelin, 2012). Su aplicación ha incrementado rápidamente en la investigación del funcionamiento cognitivo de orden superior, así como del desarrollo cerebral y sus alteraciones. Por ejemplo, como alternativa al test de Wada; procedimiento invasivo en el que se inyecta un barbitúrico a través de la arteria carótida interna provocando la inactivación transitoria de un hemisferio para localizar la lateralidad del lenguaje (Galán, 2007; Meador & Loring, 1999); Hirata et al. (2004) se basaron en la MEG para determinar exitosamente la lateralización del lenguaje; encontraron que la desincronización en las frecuencias beta y gamma en el HI es un índice adecuado de lateralidad. Esta técnica comparte características con el electroencefalograma (EEG), ya que como refiere Lopes da Silva (2013) la fuente central de ambas señales son las corrientes iónicas generadas por procesos bioquímicos a nivel celular.

El EEG es una técnica de alta resolución temporal, no invasiva, que registra la actividad eléctrica cerebral de un individuo por medio de la colocación de electrodos en el cuero cabelludo. Una de sus principales ventajas es que a diferencia de técnicas como fMRI y MEG, los registros de EEG son más accesibles por costo e instrumentación y pueden ser obtenidos en un amplio rango de edades y niveles de habilidad (Bathelt, O'Reilly, Clayden, Cross & de Haan, 2013).

A partir del registro electroencefalográfico tradicional, se pueden obtener los PRE, que son resultado de cambios breves en el voltaje de la actividad eléctrica cerebral en respuesta a un

proceso cognitivo, motor o sensorial específico (Hillyard & Kutas, 1983; Royle & Courteau, 2014; Pfurtscheller, 2001). Cada componente debe ser promediado para ser detectado, eliminando la actividad de fondo (Maguire & Abel, 2013; Hillyard & Kutas, 1983). Se han identificado componentes relacionados con el procesamiento lingüístico (Kuhl, 2010; Royle & Courteau, 2014) como la N100, una onda negativa cercana a los 100 ms después de la presentación del estímulo, típicamente asociada a procesos atencionales, que refleja la discriminación de categorías auditivas y correlaciona con la identificación de fonemas. Asimismo, el componente negativo de disparidad (MMN) es una onda negativa cuya máxima amplitud aparece alrededor de los 100-250 ms y puede ser provocada ante la discriminación de estímulos con características acústicas y fonéticas diferentes, (Friederici, 2005; 2011). Maguire y Abel (2013) enfatizan que, si bien los PRE aportan información relevante sobre el procesamiento lingüístico, como la diferenciación de fonemas, el aprendizaje de palabras y el uso correcto de la sintaxis en población infantil; el procedimiento de promediación que se debe realizar para obtener los componentes atenúa o remueve cambios importantes en la actividad oscilatoria que subyace a la comunicación interneuronal. En la misma línea, Crone, Boatman, Gordon y Hao (2001) afirman que al realizar la promediación se asume que existe “ruido irrelevante” (p. 566), lo que impide percibir los cambios que ocurren ante un estímulo o evento sin estar directamente ligados a éstos (Basar-Eroglu et al., 1996; Pfurtscheller & Lopes da Silva, 1999).

Por lo tanto, han surgido métodos de análisis distintos que buscan estudiar estos cambios en la actividad eléctrica cerebral.

Electroencefalograma cuantitativo

Anteriormente el EEG era utilizado principalmente con el objetivo clínico de registrar características electrofisiológicas anormales en patologías como la epilepsia; sin embargo, con los avances científicos ha incrementado el interés por analizar las oscilaciones neuronales a partir de la información cuantitativa de sus componentes (Buzsáki & Draguhn, 2004).

Se ha documentado que la actividad obtenida a partir de este tipo de registro refleja la suma de las corrientes iónicas extracelulares generadas por los potenciales postsinápticos excitadores e inhibidores de numerosas neuronas primordialmente piramidales de la corteza cerebral disparando en sincronía, propiedad que facilita la comunicación interneuronal, necesaria para lograr una representación coherente de la información entrante y a su vez, efectuar acciones

coordinadas (da Silva, 2013). Estas oscilaciones se producen y mantienen por el circuito tálamo-cortical; que involucra la corteza cerebral y la vía tálamo-cortical, ambas con neuronas excitatorias, así como el núcleo reticular, con neuronas inhibitorias; constituyendo un sistema de comunicación entre circuitos (Pizzagalli, 2007; Silva, 2011; da Silva, 2013).

Es importante señalar que las oscilaciones difieren en frecuencia y en amplitud, según el sitio de registro, el estado de vigilia, la edad, la estimulación sensorial o procesamiento cognitivo del individuo, entre otros factores (Başar et al., 2013). En el EEG tradicional se registran oscilaciones con frecuencias de 0.5 a 30 ciclos por segundo; para su análisis se han agrupado convencionalmente en bandas anchas (Silva, 2011). Buzsáki (2006) indica que los límites entre cada banda de frecuencia fueron definidos de manera arbitraria y uniforme debido a la falta de conocimiento respecto a los mecanismos neurofisiológicos que subyacen a los patrones oscilatorios, sin embargo, señala que esta clasificación permanece útil en la práctica, estableciendo las principales bandas de acuerdo a su velocidad, de la siguiente manera: delta de 0.5–4 Hz; theta de 4–8 Hz; alpha de 8–12 Hz; beta de 12–30 Hz y gamma >30 Hz.

Una herramienta de análisis que podemos emplear para poder extraer información a partir de un registro EEG es el análisis espectral de frecuencias, proceso por el cual la señal de EEG es descompuesta en las frecuencias que la integran y la amplitud de las oscilaciones correspondientes a cada frecuencia es calculada. Cabe enfatizar que dado que las oscilaciones cercanas a 0 sumarían 0, cada amplitud es elevada al cuadrado, por lo que el resultado está dado en μV^2 . El total de las potencias obtenidas en cada banda de frecuencia se denomina espectro de potencia (Clarke et al., 2013). Una medida comúnmente utilizada en este tipo de análisis es la potencia absoluta (PA) de una banda de frecuencia (Pizzagalli, 2007), la cual hace referencia a la integral de todos los valores de potencia obtenidos: es el cuadrado del área bajo la curva (Vitalii et al. 2016). Para obtener los valores de PA de un segmento del registro electroencefalográfico, se puede utilizar la Transformada de Fourier (Güntekin & Başar, 2016); una fórmula matemática que descompone la señal del EEG en un conjunto de ondas seno y coseno, cuya amplitud, fase y frecuencia ponderadas convenientemente y sumadas entre sí reproducen la señal original (Urrestarazu & Iriarte, 2005).

Se ha descrito (Harmony et al., 1988; Otero et al., 2011) que el análisis de las bandas de frecuencia aporta información objetiva de la actividad eléctrica cerebral y de su maduración en población normotípica. Adicionalmente, ha incrementado el interés por explorar la participación

de las oscilaciones cerebrales durante el procesamiento lingüístico (Morillon et al, 2010; Poeppel, 2003, 2014; Thompson et al., 2016). Sin embargo, Roca-Stappung y cols. (2017), enfatizan que la mayoría de las investigaciones realizadas a partir de esta técnica en población infantil están dirigidas a identificar las características electroencefalográficas de los niños con diferentes patologías y el estudio de las oscilaciones cerebrales durante este proceso es realizado principalmente en población adulta (Kuhl,2010; Thompson et al., 2016).

Dentro de los estudios que pretenden caracterizar el desarrollo normal cerebral y establecer un patrón electroencefalográfico dependiendo la edad; Gasser, Verleger, Bächer y Sroka (1988) analizaron la potencia espectral de 158 niños y adolescentes (6-17 años) y encontraron que el proceso de maduración cerebral muestra una relación con la disminución en la PA para todas las frecuencias, exceptuando la frecuencia alfa (9.5-12.5 Hz). Adicionalmente, se encontró un aumento de potencia para las frecuencias rápidas y una disminución para las frecuencias lentas, resultados similares a los obtenidos por Harmony, Marosi, Díaz de León, Becker y Fernández (1990), así como por Soroko, Shemyakina, Nagornova y Bekshaev (2014). Trabajos similares de Gasser, Jennen-Steinmetz, Sroka, Verleger y Möcks (1988) encontraron que la distribución antero-posterior de la potencia EEG también cambia conforme a la edad; la maduración ocurre primero en regiones posteriores para theta y alfa, mientras que para la banda de frecuencia beta, la maduración ocurre primero en la región central (Cz), después en la región parietal central (Pz) y regiones occipitales, finalizando en las regiones frontales. Clarke, Barry, McCarthy y Selikowitz (2001) analizaron la actividad eléctrica de 80 niños entre los 8 y los 12 años (mitad hombres), confirmaron que la PA de delta disminuye con la edad, mientras que la potencia de alfa y beta aumenta. Adicionalmente observaron que el HD presentó mayor potencia total (amplitud total del espectro), característica señalada por Fernández en 1944; así como absoluta en las 4 frecuencias en comparación con el HI; sin embargo, señalan que esta diferencia no presenta cambios de acuerdo a la edad de la muestra. Concluyen que es importante contar con datos normativos de acuerdo a la edad ya que podrían ser utilizados como elementos comparativos en la evaluación de población infantil con alteraciones clínicas.

Procesamiento lingüístico y EEG

A partir de investigaciones recientes de la organización temporal y espacial de los circuitos neuronales que subyacen al procesamiento lingüístico, se ha propuesto que las oscilaciones cerebrales están involucradas en diferentes aspectos de este proceso (Mai, Minett &

Wang, 2016; Poeppel, 2003, 2014). A pesar de ello, se ha descrito (Balsamo et al., 2006; Maguire & Abel, 2013; Spironelli & Angrilli, 2010) que son pocas las investigaciones al respecto realizadas en población infantil normotípica. A continuación, se presentarán hallazgos obtenidos a partir del análisis de potencia de las bandas de frecuencia en estudios con población adulta e infantil, con el objetivo de brindar un panorama del conocimiento que se posee actualmente.

Peña y Melloni (2012) decidieron explorar la integración temporal de las unidades del lenguaje analizando los cambios de las oscilaciones cerebrales de 48 adultos monolingües divididos en dos grupos de acuerdo a su lengua materna (español e italiano) mientras escuchaban enunciados en sus respectivos idiomas y en japonés; así como versiones de los enunciados anteriores pero reproducidos al revés. Se registraron diferencias significativas en la potencia de las bandas de frecuencia theta (4-8 Hz), alfa (9-14 Hz) y gamma (55-75 Hz) respecto a la línea base: ambos grupos presentaron mayor potencia de gamma al escuchar oraciones de su lengua materna en los puntos de registro izquierdos y derechos en comparación con los puntos de registro centrales, así como en los puntos de registro mediales y posteriores comparados con los anteriores. Respecto a la banda theta, se registró un incremento de potencia significativo en ambos idiomas durante los enunciados sintácticamente correctos en comparación con los enunciados reproducidos al revés; en regiones frontomediales comparado con regiones posteriores. Adicionalmente observaron que el incremento en la potencia de esta frecuencia comenzó a los 100 ms y perduró hasta que la oración finalizó. Por último, se observó que la potencia de alfa fue significativamente mayor al final de la oración en comparación con su inicio. De manera particular, se encontró que el promedio de esta potencia al final de los enunciados sintácticamente correctos fue menor que el obtenido al final de los enunciados reproducidos al revés. Con base en los resultados anteriores, los autores sugieren que el incremento de potencia de gamma está asociado a la integración sintáctica; el incremento de potencia de theta está involucrado en el rastreo silábico y que el aumento de la potencia de alfa al final de las oraciones sintácticamente correctas podría estar asociado a mayor demanda atencional al principio de las oraciones, particularmente cuando son escuchadas al revés. Concluyen que su investigación es la primera en evidenciar un incremento directo en la sincronía de gamma como mecanismo neuronal para el procesamiento y comprensión de oraciones vía auditiva y señalan la importancia

de estudiar el papel de la sincronía de las oscilaciones cerebrales en la integración de las unidades del habla.

Por otro lado, Giraud et al. (2007) comprobaron que las variaciones de potencia en la banda theta correlacionan positivamente con la actividad de la corteza auditiva derecha obtenida mediante fMRI; mientras que las variaciones en la banda gamma correlacionan principalmente con la actividad en la corteza auditiva izquierda. Con base en la información obtenida a partir de investigaciones previas (Giraud et al., 2007; Poeppel, 2003), Giraud y Poeppel (2012) señalan que las características temporales de las oscilaciones corticales están relacionadas con las propiedades temporales del habla; proponen que las distintas bandas de frecuencia, principalmente delta, theta y gamma facilitan la decodificación y análisis del habla; por lo que hipotetizan que la organización temporal de las oscilaciones es el medio por el cual el cerebro convierte los ritmos del habla en segmentos lingüísticos. Los autores mencionan que sería de utilidad profundizar en este hallazgo dentro de la investigación destinada a la exploración del procesamiento lingüístico.

Posteriormente, Maguire y Abel (2013) realizaron una revisión acerca de los cambios en las oscilaciones cerebrales por medio del análisis de frecuencia durante el procesamiento de información semántica y sintáctica, profundizando en las investigaciones realizadas en adultos ya que mencionan que la mayoría del conocimiento en población infantil ha sido obtenido a partir del análisis de los PRE. De manera general, refirieron que las dos bandas de frecuencia principalmente involucradas en la recuperación e integración semántica son theta y gamma; mientras que un aumento en la frecuencia beta se ha relacionado con la integración sintáctica. Con base en los hallazgos reportados en adultos, señalan que este método de análisis podría utilizarse en población infantil para incrementar el conocimiento actual de la maduración de las redes neuronales dinámicas involucradas en el desarrollo del procesamiento lingüístico, así como en el desarrollo de la cognición en general a lo largo de las distintas etapas de la vida.

Mai y colaboradores (2016) señalaron la importancia de la coordinación de las oscilaciones corticales durante el procesamiento del lenguaje y decidieron investigar el papel de éstas durante el procesamiento auditivo de oraciones en población adulta. El paradigma estuvo constituido por tres condiciones: oraciones con una estructura sintáctica inválida pero con palabras bisilábicas válidas (condición: palabra real); oraciones con sílabas morfológicamente válidas, pero que no constituyen palabras bisilábicas válidas (pseudo-palabras); y versiones de

las dos condiciones anteriores pero reproducidas al revés. Agruparon los electrodos en 8 regiones (frontal izquierda, frontal derecha, temporal izquierda, temporal derecha, parieto-occipital izquierda, parieto-occipital derecha, fronto-central medial y parieto-occipital medial) y analizaron las frecuencias delta, theta, alfa, beta, y gamma. Dentro de los resultados, reportaron que la potencia de las frecuencias delta ($p < 0.004$) y theta ($p < 0.02$) fue significativamente mayor durante la condición lingüística general (palabra real y pseudo-palabra) vs la condición no lingüística; para delta este aumento fue mayor en la región parieto-occipital derecha ($p < 0.006$) y parieto-occipital medial ($p < 0.003$), mientras que en theta no se observaron diferencias significativas respecto a la interacción entre región y condición. Para la potencia de las frecuencias restantes no encontraron diferencias significativas respecto a la condición ni a la interacción entre región y condición. Los autores argumentaron que aun cuando se preservan las propiedades acústicas complejas de los estímulos de la condición lingüística al reproducir los enunciados al revés, ocurren distorsiones fonológicas importantes en el estímulo, por lo que sugieren que el incremento de potencia en las frecuencias delta y theta observado podría estar implicado en el mayor grado de procesamiento fonológico requerido ante la condición lingüística general. Concluyen que los resultados obtenidos en la banda theta es consistente con literatura previa (Giraud et al., 2007; Peña & Melloni, 2012) que propone que el incremento en la potencia de esta banda rastreo está involucrado en el rastreo silábico.

En un intento por clarificar el papel funcional de las bandas EEG a lo largo del desarrollo lingüístico, Spironelli y Angrilli (2010) decidieron comparar la lateralización hemisférica del lenguaje de 28 niños (edad: 10 ± 0.18 años) 22 jóvenes (edad: 22.5 ± 3.67 años) y 20 adultos (edad: 59 ± 7.11 años) durante la elaboración de tres tareas: fonológica, en la que debían identificar si dos palabras presentadas visualmente rimaban; semántica, en la que debían reportar si dos palabras pertenecían a la misma categoría semántica y ortográfica, tarea que utilizaron como control ya que solo debían identificar si las dos palabras estaban escritas con la misma fuente; lo cual no requería procesar contenido lingüístico. En el grupo de niños, observaron un incremento significativo de la potencia de theta en comparación con los jóvenes y adultos; ésta fue mayor en regiones posteriores que anteriores, con distribución bilateral durante la tarea ortográfica y distribución posterior, predominantemente izquierda en la tarea semántica y fonológica. Los jóvenes presentaron un aumento significativo en el hemisferio derecho durante todas las tareas en regiones anteriores y posteriores, a excepción de la tarea semántica en la

región anterior. Encontraron que en la banda beta (21-28 Hz) los tres grupos mostraron efectos de lateralización izquierda asociados a las tareas lingüísticas por lo que concluyen que es el marcador EEG de la dominancia hemisférica del lenguaje más confiable tanto en adultos como en niños.

Con base en los estudios previamente descritos, se puede observar que son pocas las investigaciones que pretenden evaluar el desarrollo del procesamiento lingüístico en población infantil por medio de herramientas como el análisis cuantitativo del EEG, sin embargo a partir de los resultados obtenidos se ha sugerido que las oscilaciones cerebrales permiten caracterizar el procesamiento lingüístico.

Tests Psicológicos en la Evaluación del Desempeño Lingüístico

Una herramienta útil en la caracterización del desempeño lingüístico, es el uso de baterías estandarizadas que exploran las competencias lingüísticas de los niños, las cuales de acuerdo a Puyuelo, Salavera y Wiig (2013), han sido desarrolladas principalmente para las primeras etapas de escolarización (de los 5 años a la adolescencia). Es importante mencionar que las pruebas valoran uno o varios de los siguientes aspectos lingüísticos: fonología, morfología, sintaxis, semántica y pragmática; contemplando la vertiente de recepción (comprensión) y/o de producción (expresión; Puyuelo, 1995).

Como señalan Camargo-Mendoza y Garayzábal-Heinze (2015), la gran cantidad de pruebas estandarizadas disponibles en países de habla inglesa ha facilitado la evaluación del desempeño lingüístico en esta población. De acuerdo a Snowling y Hayiou-Thomas (2010) la batería “Clinical Evaluation of Language Fundamentals”, que valora habilidades receptivas y expresivas; abarcando aspectos de procesamiento semántico y gramático, así como cuestiones pragmáticas, es la más utilizada en el idioma inglés. En México, la mayoría de las pruebas empleadas para explorar el funcionamiento lingüístico han sido elaboradas fuera de nuestro contexto cultural y posteriormente adaptadas al castellano (Gutiérrez-Clellen, Adelaida & Simón-Cerejido, 2006; Quintanar, Solovieva & Lázaro, 2008), lo que dificulta percibir los detalles característicos de nuestra población (Camargo-Mendoza & Garayzábal-Heinze, 2015; Puyuelo, Renom, Solanas & Wiig, 2006). Dentro de las más utilizadas están la prueba Illinois de habilidades psicolingüísticas (Illinois Test of Psycholinguistic Abilities, ITPA), así como la prueba de Vocabulario en Figuras de Peabody, ambas desarrolladas originalmente en inglés y adaptadas o traducidas al español (Gutiérrez-Clellen et al., 2006; Jackson-Maldonado &

Bárceñas, 2006). Rosselli et al. (2010) mencionan que es primordial tomar en cuenta estas limitaciones particularmente al evaluar habilidades lingüísticas ya que no siempre existe una correspondencia exacta entre las estructuras de diversas lenguas. Adicionalmente, se ha reportado (Jackson-Maldonado, 1988; Miller et al., 2016) el uso frecuente de escalas de inteligencia, como las escalas Weschler, para la evaluación y el diagnóstico de alteraciones en el funcionamiento cognitivo, incluyendo la valoración de niveles lingüísticos, por lo que se ha señalado (Granados-Vázquez & Auza-Benavides, 2012; Jackson-Maldonado & Bárceñas, 2006) la necesidad de contar con instrumentos confiables y específicos que posibiliten una exploración y caracterización más precisa del desempeño lingüístico.

Dentro del campo de la neuropsicología, encargada de estudiar la relación entre el cerebro y la conducta, tanto en sujetos sanos como en sujetos que han sufrido algún tipo de daño cerebral (Kolb & Whishaw, 2002; Rains, 2003; citados en Portellano, 2005), existen pocas pruebas elaboradas específicamente para el trabajo con niños (Quintanar et al., 2008), por lo que la evaluación y diagnóstico se han realizado a través de pruebas psicométricas o por medio de la adaptación de pruebas neuropsicológicas para adultos (Spren, Risser & Edgell, 1995; en Quintanar et al., 2008). Sin embargo, los instrumentos que se han creado desde esta perspectiva teórica facilitan la exploración de los procesos cognitivos incluyendo el funcionamiento lingüístico, en las distintas etapas del desarrollo (Rosselli, Matute, Ardila & Viveros-Fuentes, 2010) y son frecuentemente administrados a niños con sospecha de alguna alteración o retraso en la adquisición de estos procesos, así como a población normal con fines de investigación o para obtener información específica de cada niño con el propósito de conocer mejor sus posibilidades educativas y oportunidades de desarrollo (Ardila, 1999; Herreras, 2007; Rosselli et al., 2010).

La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) es la primera batería neuropsicológica orientada hacia la evaluación de niños de edad escolar (de 5 a 16 años) desarrollada y estandarizada en la población latinoamericana (Matute, Inozemtseva, González-Reyes & Chamorro, 2014, p.70). Elaborada por Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky (2007), posee 11 dominios, dentro de los cuales se encuentran el lenguaje, con los subdominios Expresión, Comprensión y Repetición; Habilidades Metalingüísticas que abarcan deletreo, síntesis fonémica, conteo de sonidos y de palabras; así como las habilidades de Percepción Auditiva para estímulos lingüísticos y no-lingüísticos. Con base en el desempeño que poseen los niños en las distintas subpruebas, se puede obtener un panorama del procesamiento del lenguaje, que va

desde la percepción del estímulo lingüístico hasta el análisis y segmentación de las unidades mínimas del lenguaje. Por ejemplo, Quijano, Aponte, Suarez y Cuervo (2013) compararon el desempeño de niños con trastorno específico del aprendizaje con el desempeño de un grupo control en ocho dominios del instrumento, dentro de los cuales se encontraron: lenguaje, memoria, percepción visual y auditiva, así como atención y funciones ejecutivas. De manera similar, Londoño, Cifuentes y Lubert (2011) aplicaron esta batería para explorar diversas habilidades, incluyendo lenguaje y habilidades metalingüísticas en niños con TDAH y niños con desarrollo normotípico. Canet-Juric, Urquijo y Richard's (2009) la emplearon para evaluar comprensión lectora en niños de diferentes edades. Las investigaciones anteriores denotan que esta batería ha facilitado la exploración de habilidades cognitivas, incluido el lenguaje en población infantil hispanohablante.

Justificación

Con base en los estudios previamente descritos, se puede apreciar que el análisis de la potencia de las bandas de frecuencia resulta útil en la investigación de las oscilaciones cerebrales que subyacen al procesamiento lingüístico; actualmente existe evidencia, principalmente en adultos, de la implicación de las bandas de frecuencia durante este procesamiento. Por otro lado, el uso de pruebas estandarizadas en la evaluación del desempeño lingüístico infantil es fundamental para obtener una caracterización precisa de los componentes que subyacen este proceso en desarrollo.

Sin embargo, no hay una caracterización electroencefalográfica en población infantil durante el procesamiento lingüístico. Adicionalmente, el correlato entre las bandas de frecuencia y el desempeño lingüístico derivado de la evaluación con pruebas neuropsicológicas está poco estudiado.

Explorar el funcionamiento lingüístico infantil a partir de una batería neuropsicológica estandarizada en población mexicana y de una técnica electrofisiológica, contribuiría a la información actual de los mecanismos que subyacen este proceso en esta población en particular, lo que podría favorecer a su caracterización normotípica, así como a la comparación objetiva de estos mecanismos.

Por lo tanto, se pretende conocer ¿si existe una asociación entre la potencia absoluta ante estimulación audioverbal y las puntuaciones de las subpruebas que evalúan el desempeño lingüístico en niños con desarrollo normotípico?

Objetivos

Objetivo general

Conocer la asociación de la potencia absoluta EEG ante estimulación audioverbal y las puntuaciones de las subpruebas de desempeño lingüístico en niños con desarrollo normotípico.

Objetivos específicos

- Comparar el promedio de potencia absoluta EEG entre la condición de estimulación audioverbal y la condición de actividad espontánea.
- Comparar el promedio de potencia absoluta de la actividad electroencefalográfica entre hemisferios en estimulación audioverbal, actividad espontánea y su diferencia.
- Analizar la relación existente entre la diferencia de la potencia absoluta y los puntajes en las subpruebas lingüísticas Percepción Auditiva, Repetición, Expresión, Comprensión y Habilidades Metalingüísticas.

Hipótesis

- Existirán diferencias en el promedio de potencia absoluta de la actividad electroencefalográfica entre la condición de estimulación audioverbal y la condición de actividad espontánea.
- Se presentarán diferencias en el promedio de potencia absoluta de la actividad electroencefalográfica entre hemisferios en estimulación audioverbal, actividad espontánea y su diferencia.
- Existirá asociación entre la diferencia de la potencia absoluta y los puntajes obtenidos en las subpruebas lingüísticas Percepción Auditiva, Repetición, Expresión, Comprensión y Habilidades Metalingüísticas.

Método

Tipo y diseño de estudio

El estudio fue descriptivo, comparativo y correlacional, de corte transversal (Hernández-Sampieri, 2010).

Participantes y selección de la muestra

La selección de la muestra fue no probabilística de tipo intencional; participaron 65 niños entre 5 y 7 años, 11 meses de edad (36 hombres) de manera voluntaria, con consentimiento y

asentimiento por escrito (véase *anexos 1 y 2*). Después de haber aplicado los criterios de selección que se describen en la siguiente sección, la muestra final estuvo constituida por 20 niños (12 hombres) con una media de 6.35 años ± 0.76 (5 de 5 años, 11 de 6 años y 4 de 7 años de edad) y un cociente intelectual total (CIT) en parámetros de norma. En cuanto a la preferencia manual, participaron 2 zurdas y 18 diestros; con características socioeconómicas dentro de la clasificación “media alta”. Todos los participantes del presente estudio formaron parte del protocolo de investigación 50/17 “Análisis de la potencia EEG de niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) y niños con Desarrollo Típico (DT) durante la presentación de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos”, realizado y sometido a aprobación por de Ética y por el Comité de Investigación del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra” (INR).

Criterios de selección

Inclusión

- Tener entre 5,0 - 7,11 años de edad.
- Tener promedio escolar mínimo de 8 o registro de calificación formal de rendimiento satisfactorio para los niños de 5 años.
- Ser monolingües, con español como lengua materna.
- Tener un Coeficiente Intelectual Total (CIT) dentro del rango de 80-120 en las escalas Wechsler (Wechsler, 2002; 2005).

Exclusión

- Alteración del neurodesarrollo (e.g. autismo, Síndrome de Down, dislexia, TDAH, epilepsia, convulsiones febriles, parálisis cerebral, síndrome de Landau-Kleffner).
- Alteración auditiva como hipoacusia conductiva, neurosensorial o mixta.
- Alteraciones motoras y estructurales del aparato fonoarticulador (e.g. labio hendido y/o fisura palatina, maloclusión dental, disartria, apraxia del habla infantil).
- Presencia de trastornos del estado de ánimo: depresión y/o ansiedad.
- Uso de tratamiento farmacológico psicoactivo.

Eliminación

- Solicitud expresa de los padres o tutores para no continuar dentro del estudio.
- Presentar poca cooperación por parte del niño para la realización de las evaluaciones.
- Registro electroencefalográfico con exceso de artefactos o paroxismos.

- Valoraciones incompletas.

Variables

Desempeño lingüístico. Uso de los componentes del lenguaje en su vertiente expresiva y receptiva (AlHammadi, 2017; ASHA, “s.f.”; López-Rubio, Mendoza & Fernández-Parra, 2009), que será identificado como el puntaje escalar obtenido en las subpruebas de Percepción Auditiva (Notas Musicales, Sonidos Ambientales y Percepción Fonémica), Repetición (Sílabas, Palabras, No Palabras y Oraciones), Expresión (Denominación de Imágenes, Coherencia Narrativa y Longitud de la Expresión), Comprensión (Designación de Imágenes, Seguimiento de Instrucciones y Comprensión del Discurso) y Habilidades Metalingüísticas (Síntesis Fonémica, Deletreo, Conteo de Sonidos y Conteo de Palabras) de la batería ENI.

Potencia absoluta. Intensidad total de energía del potencial eléctrico registrado en una determinada región cortical (derivación o canal de registro) para cada rango de frecuencia determinado, medida en $\mu V^2/Hz$ (Vitalii et al. 2016). Para el presente estudio, será registrada en 16 derivaciones (Fp1, F7, T3, T5, O1, F3, C3, P3, Fp2, F8, T4, T6, O2, F4, C4 y P4) para los rangos de frecuencia theta (4-8 Hz) alfa (8-13 Hz) y beta (13-30Hz); durante dos condiciones: actividad espontánea (AE), entendida como la actividad eléctrica cerebral en estado de reposo y ojos abiertos, al ser éste el modelo que más se asemeja al funcionamiento cerebral de manera espontánea; y estimulación audioverbal (AE), entendida como la actividad eléctrica cerebral ante la presentación binaural repetida de la monosílaba /ta/, compuesta por dos fonemas: la consonante oclusiva dental (por su modo y punto de articulación) /t/ y la vocal central abierta (por el avance de la lengua al momento de articularse y por el grado de apertura de la boca) /a/.

Instrumentos

- *Historia clínica semiestructurada obtenida de la batería Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)* (Matute et al., 2007), con las modificaciones necesarias para indagar información referente a los criterios de inclusión y exclusión (véase *anexo 3*).
- *Índice de Nivel Socio Económico (NSE) de la Asociación Mexicana de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI)*. Es la norma que clasifica a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo con la satisfacción de necesidades de sus integrantes en términos de: vivienda, salud, energía, tecnología, prevención y desarrollo intelectual. El nivel A/B es el segmento con el más alto nivel de vida del país, mientras que el nivel E es el segmento con menor calidad de vida (véase *anexo 4*).

- *Escalas de Inteligencia de Wechsler:*
- 1. WPPSI III. Es la tercera versión de la Escala de Inteligencia para Preescolar y Primaria de David Wechsler (2002) y proporciona puntuaciones compuestas que representan el funcionamiento intelectual para edades de 2.6- 7.3 años. Las puntuaciones compuestas son: el Coeficiente Intelectual Verbal (CIV), el Coeficiente Intelectual de Ejecución (CIE), el Coeficiente de Velocidad de Procesamiento (CVP), el Compuesto General del Lenguaje (CGL), así como la puntuación compuesta general que representa la capacidad intelectual general del niño (CIT). Para la estandarización en México, se obtuvieron datos de 829 niños de 2.6- 7.3 años divididos en 9 grupos de edad, con el 36% de aplicaciones en el Centro-Este de México.
- 2. WISC-IV. Elaborada por David Wechsler en 2003 y adaptada a población española en 2005, la Escala de *Inteligencia para Niños de Wechsler-IV* es una escala que ofrece una aproximación general del funcionamiento intelectual de niños y adolescentes desde 6 a 16 años 11 meses de edad y está compuesta por 15 subpruebas (10 principales y 5 opcionales) distribuidas en cuatro índices. La suma de todos ellos compone el CIT. Para la estandarización de la prueba se tomó una muestra de 2200 niños (as) divididos en 11 grupos cada uno con 100 niños y 100 niñas, de edades entre 6 años 0 meses y 16 años 11 meses.
- *Subpruebas de Percepción Auditiva, Lenguaje y Habilidades Metalingüísticas de la batería Evaluación Neuropsicológica Infantil* (Matute et al., 2007). Esta batería permite la evaluación de 11 procesos: atención, habilidades constructivas, memoria (codificación y evocación diferida), percepción, lenguaje oral, lectura, escritura, cálculo, habilidades visoespaciales y la capacidad de planeación, organización y conceptualización. Las normas de comparación de la ENI fueron obtenidas de una muestra de 788 niños entre los 5 y los 16 años, 350 eran de Manizales, Colombia y 438 niños de Guadalajara, México. La muestra se obtuvo de diferentes escuelas públicas y privadas, descartando individuos que tuvieran historia de problemas neurológicos o psiquiátricos. Se han realizado tres análisis de confiabilidad y validez: mediante un test-retest, confiabilidad entre calificadores y correlaciones de las escalas del ENI con las escalas de WISC - R. Para el primer procedimiento se encontraron coeficientes de confiabilidad en los trece grandes dominios cognoscitivos que oscilaban entre moderados y altos ($-0.33 < r < 0.84$).

Amplificador marca Nicolet®, modelo NicONE de 31 canales, con 16 bits de resolución y una frecuencia de muestreo de 256 Hz.

Audífonos Sony In Ear MDR-EX15LP, audífonos con capacidad de 100 mW, imán de Neodimio y respuesta de frecuencia de 8-22,000 Hz.

Procedimiento

La invitación a participar en el estudio se extendió a todo el público interesado de áreas circundantes de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México y del INR que residen en la Ciudad de México y área metropolitana (véase *anexo 5*).

El estudio estuvo constituido por tres fases realizadas en el INR:

En la primera, se aplicó la historia clínica a los padres de familia para verificar que los participantes cumplieran con los principales criterios de inclusión y se les pidió que contestaran el Índice de NSE de la AMAI para obtener su grado de bienestar patrimonial. Se explicó y entregó el consentimiento a los padres de familia y el asentimiento a los menores (duración aproximada: 1 hora).

En la segunda fase, se aplicaron las escalas Wechsler a los niños para corroborar que su puntaje se encontrara dentro del rango establecido en los criterios de inclusión (duración aproximada: 1 hora con 30 minutos).

En la última fase del estudio, se aplicaron las subpruebas de la batería ENI mencionadas en el apartado de variables (duración aproximada: 35 minutos) y una vez finalizada la evaluación, se realizó el registro de EEG (duración aproximada: 1 hora):

Adquisición de la señal de EEG

Se les informó a los niños los requerimientos del paradigma, se verificó que comprendieran las instrucciones para su correcta realización y se procedió a realizar la instrumentación; se limpió con cuidado el cuero cabelludo de cada niño utilizando una torunda de algodón con alcohol y gel dermo-abrasivo Nuprep. Posteriormente se colocaron 16 electrodos mencionados en el apartado *Variables* de acuerdo al sistema internacional 10/20, utilizando pasta Ten20 para mejorar la conducción. Adicionalmente, se colocaron electrodos periféricos para facilitar la detección de artefactos que contaminaran la señal de EEG (potencial eléctrico que no se origina en el cerebro; Silva, 2011)//voltaje registrado que no representa actividad cerebral; Jackson & Bolger, 2014, como parpadeos, movimiento o tensión muscular, latidos cardiacos); en mastoides (2), en el borde para-ocular (2) y en el pecho (1). El registro de EEG se realizó

mediante un electroencefalógrafo digital (Nicolet One de 31 canales), manteniendo la impedancia menor a 10 k Ω y utilizando un montaje monopolar. Durante la adquisición de la señal fue necesario que los participantes permanecieran sentados, evitando realizar movimientos faciales y/o corporales.

El registro se realizó bajo dos condiciones (véase Figura 2):

1. Actividad espontánea (AE): se registró la actividad eléctrica cerebral durante 3 minutos con ojos abiertos (con intervalos de 5 segundos como descanso, cada 30 segundos).
2. Estimulación audioverbal (EA): se les dieron las siguientes instrucciones: “te voy a colocar estos audífonos para que puedas escuchar, al terminar me vas a decir qué fue lo que escuchaste” y se registró la actividad eléctrica cerebral con ojos abiertos durante la reproducción de una grabación auditiva binaural, compuesta por ocho bloques de 30 repeticiones aleatorias de: un tono puro con una frecuencia de 500 Hz y la monosílaba /ta/, estímulos que fueron retomados del paradigma de Stevens y cols. (2011), diseñados en el laboratorio de acústica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México (2008) a solicitud de los médicos audiólogos de área de Comunicación Humana del INR y elegidos con el objetivo de comparar la respuesta eléctrica cerebral de niños con desarrollo normotípico y niños con Trastorno Específico del Lenguaje ante un estímulo no-lingüístico y una sílaba de corta duración, sin contenido semántico y con una estructura consonante-vocal (CV) ya que representa la estructura silábica más frecuente en el idioma español (Mariscal & Auza, 2017); para estudiar la hipótesis que sugiere que las dificultades en el lenguaje que presenta esta última población se originan de un déficit de carácter más perceptual en el procesamiento auditivo, dificultando el procesamiento fonológico (Bishop, Hardiman & Barry, 2010; Stevens et al., 2011). Ambos estímulos fueron presentados a 70 db con una duración de 500 ms y un intervalo entre estímulos (ISI) de 1500 ms. Se estableció un intervalo de 12 segundos entre la presentación de cada bloque. Este paradigma fue diseñado para el protocolo de investigación mencionado en el apartado *participantes y selección de la muestra*. Para fines de este estudio, se utilizaron los 120 estímulos lingüísticos.

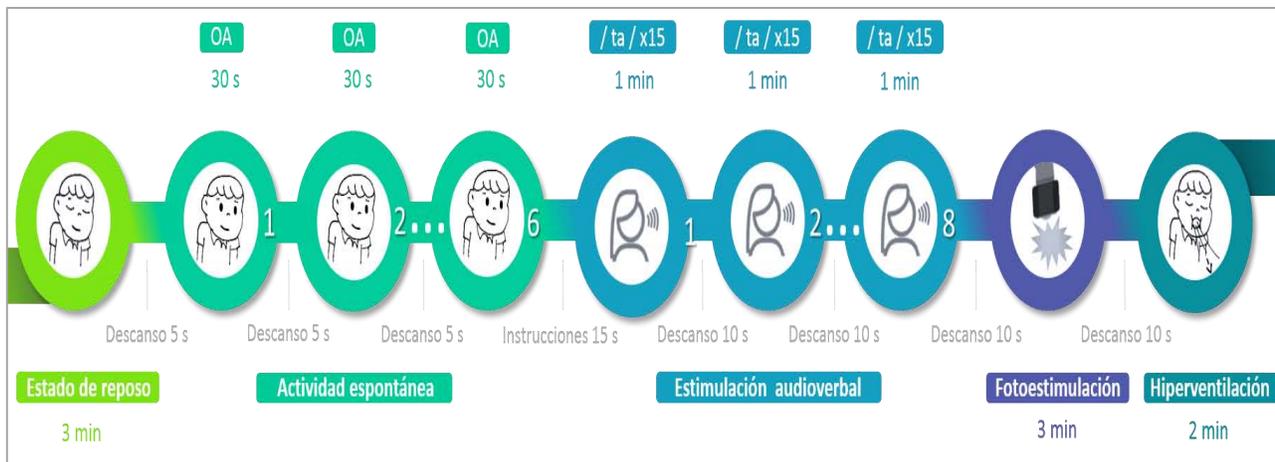


Figura 2. Paradigma de registro de EEG.

Nota: se registró la actividad eléctrica cerebral durante 6 bloques de 30s con OA (ojos abiertos) y durante 8 bloques de 1min ante la presentación de la sílaba /ta/ con una intensidad de 70 dB y una duración de 500 ms. Se finalizó el registro con maniobras de fotoestimulación e hiperventilación.

Por último, se incluyeron maniobras de fotoestimulación (destellos estroboscópicos producidos mediante una lámpara) de 5 Hz/s en intervalo variable ($n=20$), con una duración de 3 minutos y de hiperventilación (respiración rápida y profunda) con una duración de 2 minutos para verificar que no existieran indicadores anormales en cada registro electroencefalográfico, ya que su detección representaría la exclusión del participante de la muestra. Se finalizó con 1 minuto de recuperación. Al concluir el registro se agradeció la colaboración de los participantes y padres de familia. (su detección representaría ser excluido de la muestra).

Preprocesamiento de la señal de EEG

Fuera de línea, se realizó una inspección visual de cada trazo EEG con el propósito de elegir los registros sin exceso de artefactos ni hallazgos electroencefalográficos clínicamente relevantes. De aquellos registros incluidos, se seleccionaron épocas de 1 segundo, libres de artefactos para ambas condiciones (AE y EA).

Análisis de la señal de EEG

Las muestras fueron analizadas con el software NicView, aplicando la Transformada de Fourier para obtener los valores de PA de cada derivación, los cuales se transformaron logarítmicamente (\ln) para eliminar el factor de escala multiplicativo, derivado del cálculo de la potencia ($\mu V^2/Hz$; Fernández, 1994). Posteriormente se promediaron y se obtuvieron dos valores por cada participante; la media de PA durante AE y la media de PA durante EA.

Análisis de datos

Una vez establecidos los valores de potencia y las puntuaciones en las subpruebas de la batería, se aplicó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar las pruebas estadísticas a utilizar; se observó que los datos de desempeño lingüístico no se distribuyeron normalmente, por lo que se empleó estadística no paramétrica, mientras que los datos de actividad EEG siguieron una distribución normal y se utilizó estadística paramétrica.

Con la finalidad de brindar una caracterización del desempeño lingüístico de la muestra, se clasificó la ejecución de cada participante en los subdominios de Percepción Auditiva, Repetición, Expresión, Comprensión y Habilidades Metalingüísticas; de acuerdo a datos normativos para la edad de los participantes y se obtuvo la media grupal para cada uno.

Con el propósito de examinar si existen diferencias en la actividad eléctrica cerebral ante la presentación de un estímulo lingüístico vía auditiva, se compararon los valores de PA de AE y EA en cada derivación, obteniendo la “diferencia promedio” (DIF) estimada entre ambas condiciones (EA-AE). Las comparaciones se realizaron mediante la prueba *t* de Student para muestras relacionadas y las estimaciones obtenidas se reportan para cada una de las potencias medidas theta, alfa y beta.

Con la intención de analizar las diferencias interhemisféricas en la PA, se agruparon los valores de potencia de las derivaciones en hemisferio izquierdo (Fp1, F7, T3, T5, O1, F3, C3, P3) y en hemisferio derecho (Fp2, F8, T4, T6, O2, F4, C4, P4). Posteriormente, se compararon los puntajes de cada una de las derivaciones con su homóloga en el hemisferio contralateral en cada una de las frecuencias (theta, alfa y beta). Cada comparación se realizó para AE y EA, así como para los valores obtenidos de la diferencia de potencia entre ambas condiciones (DIF). En cada caso, se utilizó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas.

Finalmente, para determinar si existe una asociación entre la actividad eléctrica cerebral y el desempeño lingüístico de los participantes, se estimó la relación de la variable obtenida en DIF, ya que considera exclusivamente el cambio electroencefalográfico que se presentó al pasar de un estado en reposo a la estimulación auditiva (Fernández, 1992), con el desempeño lingüístico mediante el cálculo de coeficientes de correlación de Spearman, dado el nivel de medición y la distribución en las pruebas de desempeño. Se consideraron como estadísticamente significativos valores de error alfa iguales o menores a 0.05, los análisis se realizaron en el programa SPSS 21.

Resultados

Desempeño lingüístico

El desempeño de la muestra en las subpruebas aplicadas de la batería ENI, osciló entre la clasificación “promedio bajo” y “por arriba del promedio”. En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos para cada subdominio; se observa que la mayoría de los niños exhibió un desempeño por arriba de lo esperado para su edad en Percepción Auditiva, Expresión y Comprensión; mientras que en las subpruebas de Repetición y Habilidades Metalingüísticas la mayoría obtuvo puntuaciones en parámetros de norma.

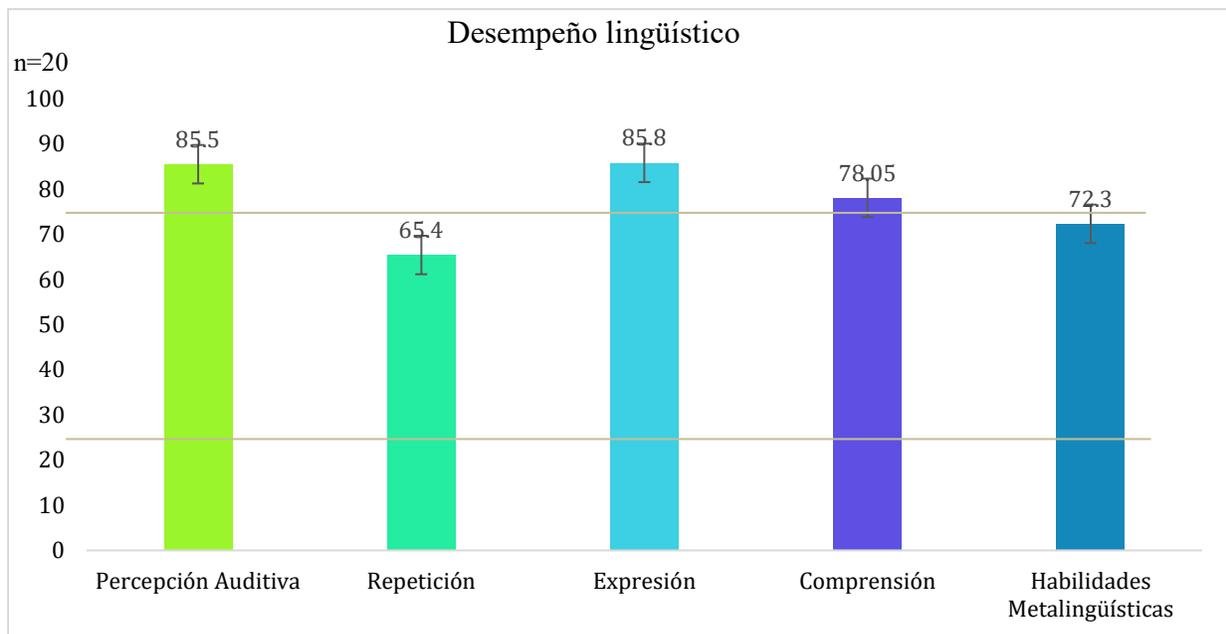


Figura 3. Resultados de desempeño lingüístico por subdominio

Nota: los datos son presentados en percentiles; las líneas horizontales representan el desempeño promedio, entre 25-75.

Potencia absoluta

Comparación de la PA entre condiciones

Se realizó la comparación entre condiciones para la banda theta. En la Tabla 1 se muestra el promedio de PA obtenido para cada derivación analizada durante AE y durante EA, así como la diferencia de potencia entre ambas condiciones; se puede observar que hubo un incremento en la PA durante estimulación audioverbal para la mayoría de las derivaciones, con excepción de T4 y F4 que no alcanzaron significancia.

Tabla 1. Valores y diferencia entre condiciones para la banda theta ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)

n=20	Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
		AE		EA		EA - AE		
		M	(DE)	M	(DE)	M	<i>t</i>	<i>p</i>
	Fp1	0.489	(0.101)	0.655	(0.076)	0.166	3.405	0.00
	F7	1.632	(0.091)	1.784	(0.061)	0.151	3.172	0.00
	T3	2.022	(0.059)	2.191	(0.065)	0.169	3.995	0.00
	T5	2.243	(0.053)	2.488	(0.056)	0.244	5.195	0.00
	O1	2.638	(0.071)	2.760	(0.056)	0.122	2.680	0.01
	Fp2	0.601	(0.095)	0.739	(0.069)	0.138	2.298	0.03
	F8	1.650	(0.054)	1.777	(0.064)	0.127	2.237	0.03
	T4	2.147	(0.064)	2.245	(0.061)	0.098	1.819	0.08
	T6	2.365	(0.055)	2.575	(0.061)	0.206	3.812	0.00
	O2	2.644	(0.071)	2.777	(0.061)	0.133	2.177	0.04
	F3	1.712	(0.101)	1.887	(0.085)	0.175	2.799	0.01
	C3	2.231	(0.067)	2.354	(0.070)	0.123	2.599	0.01
	P3	2.440	(0.065)	2.597	(0.063)	0.157	3.399	0.00
	F4	1.811	(0.117)	1.877	(0.094)	0.066	0.967	0.34

C4	2.245	(0.083)	2.367	(0.068)	0.122	2.492	0.02
P4	2.442	(0.064)	2.642	(0.062)	0.200	3.178	0.00

Nota: AE = actividad espontánea; EA = estimulación audioverbal.

* $p \geq .05$.

Respecto a la banda alfa, también se registró un incremento en la PA durante EA en la mayoría de las derivaciones, con excepción de F3. En la Tabla 2 se resumen los resultados obtenidos y se puede identificar que las diferencias más grandes se presentaron en las derivaciones derechas, principalmente en T4 y T6.

Tabla 2. Valores y diferencia entre condiciones para la banda alfa ($\log \mu V^2/Hz$)

n=20 Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
	AE		EA		EA-AE	<i>t</i>	<i>p</i>
	M	(DE)	M	(DE)	M		
Fp1	0.422	(0.102)	0.521	(0.091)	0.099	2.093	0.05
F7	1.690	(0.066)	1.832	(0.079)	0.142	3.527	0.00
T3	2.158	(0.053)	2.268	(0.072)	0.109	2.859	0.01
T5	2.361	(0.056)	2.537	(0.084)	0.176	3.256	0.00
O1	2.677	(0.080)	2.854	(0.090)	0.177	4.329	0.00
Fp2	0.464	(0.080)	0.588	(0.080)	0.124	2.538	0.02
F8	1.568	(0.052)	1.761	(0.067)	0.193	4.857	0.00
T4	2.093	(0.076)	2.345	(0.077)	0.251	4.643	0.00
T6	2.343	(0.067)	2.641	(0.086)	0.298	5.175	0.00

O2	2.596	(0.081)	2.803	(0.083)	0.207	3.324	0.00
F3	1.722	(0.097)	1.77	(0.105)	0.048	1.044	0.30
C3	2.390	(0.082)	2.527	(0.087)	0.137	3.206	0.00
P3	2.630	(0.057)	2.782	(0.101)	0.152	2.426	0.02
F4	1.706	(0.101)	1.812	(0.105)	0.105	2.890	0.00
C4	2.360	(0.092)	2.473	(0.081)	0.113	2.807	0.01
P4	2.582	(0.081)	2.777	(0.070)	0.195	3.594	0.00

Nota: AE = actividad espontánea; EA = estimulación audioverbal.

* $p \geq .05$.

En cuanto a los resultados obtenidos para la banda beta, en la Tabla 3 se puede apreciar que la PA incrementó durante EA en la mayoría de las derivaciones, alcanzando diferencias significativas solo en las derivaciones temporales y occipital derechas. Se registraron algunas disminuciones no significativas en la potencia de esta banda.

Tabla 3. Valores y diferencia entre condiciones para la banda beta ($\log \mu V^2/Hz$)

n=20 Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
	AE		EA		EA-AE		
	M	(DE)	M	(DE)	M	<i>t</i>	<i>p</i>
Fp1	1.187	(0.116)	1.240	(0.118)	0.053	1.286	0.21
F7	2.123	(0.084)	2.178	(0.115)	0.055	0.768	0.45
T3	2.56	(0.098)	2.557	(0.122)	-0.002	0.045	0.96

T5	2.772	(0.095)	2.809	(0.120)	0.037	0.716	0.48
O1	3.232	(0.103)	3.349	(0.161)	0.116	1.484	0.15
Fp2	1.237	(0.078)	1.338	(0.100)	0.101	1.782	0.09
F8	2.084	(0.071)	2.100	(0.074)	0.015	0.353	0.72
T4	2.554	(0.092)	2.634	(0.098)	0.079	2.007	0.05
T6	2.784	(0.077)	2.898	(0.108)	0.114	2.027	0.05
O2	3.164	(0.095)	3.432	(0.163)	0.268	3.029	0.00
F3	2.131	(.108)	2.128	(0.106)	-0.003	0.082	0.93
C3	2.721	(.128)	2.712	(0.138)	-0.008	0.136	0.89
P3	3.044	(.106)	3.075	(0.149)	0.030	0.448	0.65
F4	2.121	(.103)	2.09	(0.089)	-0.031	0.588	0.56
C4	2.688	(.131)	2.659	(0.129)	-0.028	0.586	0.56
P4	3.015	(.101)	3.089	(0.131)	0.074	1.114	0.27

Nota: AE = actividad espontánea; EA = estimulación audioverbal.

* $p \geq .05$.

Comparación de la PA entre hemisferios

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la comparación entre hemisferios durante cada condición; para las tres bandas de frecuencia. Se registró mayor PA en la banda theta en el hemisferio derecho durante AE, sin encontrar otra diferencia.

Tabla 4. *Valores y diferencias interhemisféricas (log $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$)*

Potencia	Hemisferio				Diferencia		
	Izquierdo		Derecho		<i>t</i>	<i>p</i>	
	M	(DE)	M	(DE)			
AE							
Theta	1.926	0.061	1.988	0.065	-0.062	2.032	0.05
Alfa	2.007	0.057	1.964	0.066	0.042	1.045	0.17
Beta	2.471	0.089	2.456	0.081	0.015	0.490	0.63
EA							
Theta	2.089	0.051	2.124	0.055	-0.035	1.203	0.24
Alfa	2.136	0.071	2.150	0.068	-0.013	0.534	0.60
Beta	2.506	0.107	2.530	0.095	-0.024	0.717	0.48
Diferencia							
Theta	0.163	0.026	0.136	0.043	0.026	0.776	0.45
Alfa	0.130	0.032	0.186	0.035	-0.055	1.716	0.10
Beta	0.035	0.044	0.074	0.041	-0.040	1.779	0.09

Nota: AE = actividad espontánea; EA = estimulación audioverbal.

* $p \geq .05$.

Comparación de la PA entre derivaciones homólogas

Adicional a la diferencia de potencia registrada en el HD durante actividad espontánea para la banda theta, se procedió a comparar los valores obtenidos entre derivaciones homólogas y se identificó mayor PA en las derivaciones temporales derechas (T4 en comparación con T3, $p = 0.04$ y T6 en comparación con T5, $p = 0.01$), diferencia que persiste en T6 en comparación con T5 ($p = 0.02$) durante estimulación audioverbal (véase Figura 4).

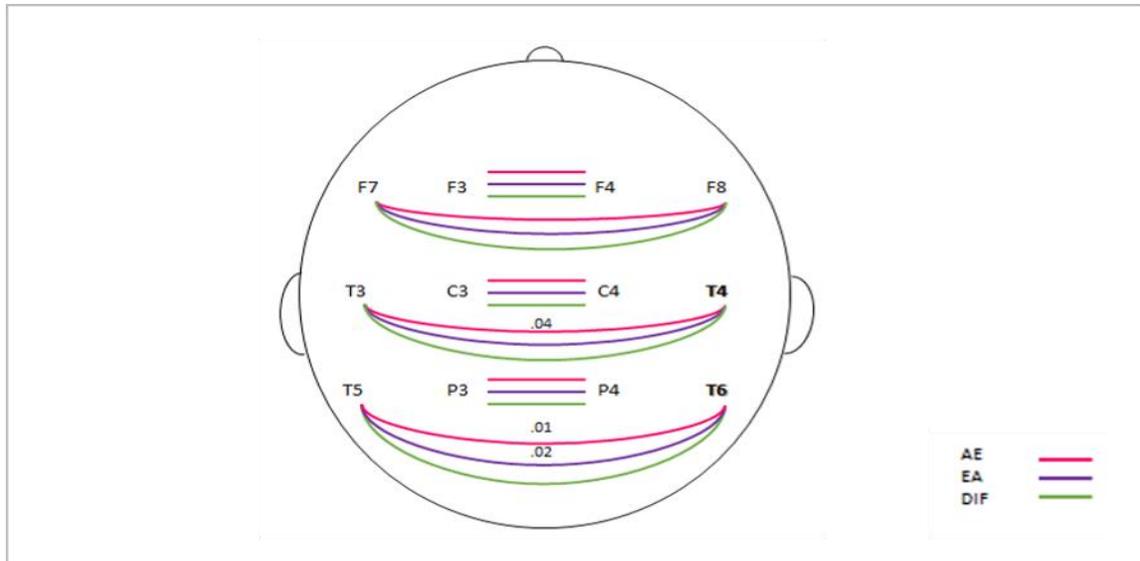


Figura 4. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda theta. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.

En la Figura 5 se esquematizan los resultados obtenidos en la comparación entre derivaciones homólogas para la banda alfa, durante AE se observó mayor potencia en la derivación F7 en comparación con F8 ($p = 0.04$). Respecto a las derivaciones temporales, la PA de T6 fue mayor que la PA de T5 ($p = 0.04$) durante la presentación del estímulo lingüístico. De manera particular, la diferencia de potencia fue mayor ante la presentación del estímulo lingüístico en T4 en comparación con T3 ($p = 0.01$) y en T6 respecto a T5 ($p = 0.05$).

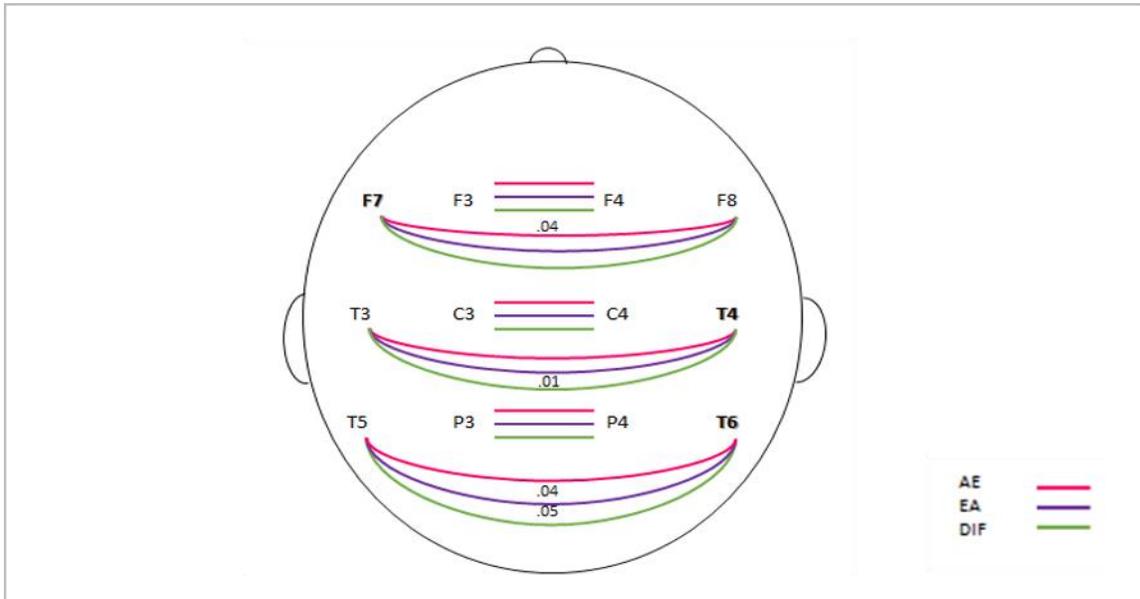


Figura 5. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda alfa. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.

Para la banda beta, la diferencia de PA en T6 fue mayor que la diferencia de PA en T5 ($p = 0.02$), como se ilustra en la Figura 6.

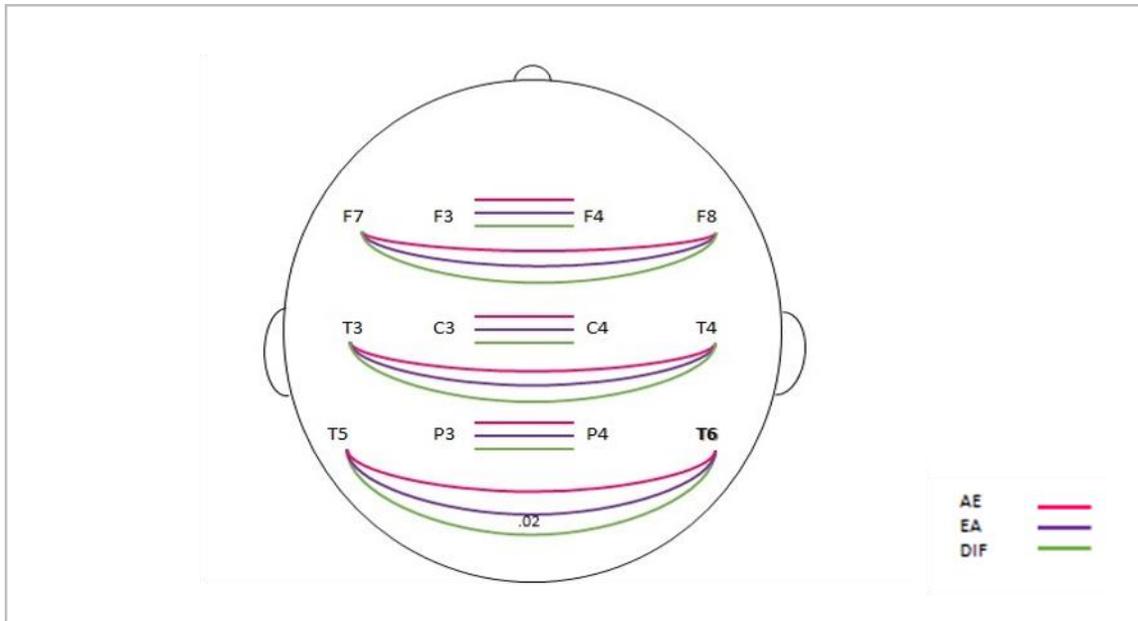


Figura 6. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda beta. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.

Relación entre potencia absoluta y desempeño lingüístico

A continuación, se presentan los resultados de la relación entre el desempeño lingüístico y la potencia absoluta de cada una de las bandas de frecuencia; cabe señalar que la mayoría de las correlaciones identificadas fueron moderadas (± 0.50 - ± 0.75 ; Schober, Boer & Schwarte, 2018).

Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de theta

En los resultados de la relación entre el desempeño lingüístico y la potencia absoluta de la banda theta se encontró que valores menores en la PA en las derivaciones temporoparietales primordialmente izquierdas, se relacionan con puntajes más altos en Percepción Auditiva (T3: $\rho = -0.61, p = 0.00$; T5: $\rho = -0.46, p = 0.03$; P3: $\rho = -0.47, p = 0.03$; T6: $\rho = -0.44, p = 0.05$) así como en Habilidades Metalingüísticas (T3: $\rho = -0.54, p = 0.01$). Adicionalmente, se observó que valores mayores en la PA de esta banda en C4 se relacionan con puntuaciones más altas en la subprueba de Comprensión ($\rho = 0.45, p = 0.04$).

Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de alfa

Respecto a la banda alfa, se observó que mayores valores en la PA se relacionan con valores más altos en la mayoría de las subpruebas aplicadas, principalmente en derivaciones frontocentrales para Habilidades Metalingüísticas (FP2: $\rho = 0.45, p = 0.04$; C3: $\rho = 0.58, p = 0.00$), frontotemporales para Percepción Auditiva (F8: $\rho = 0.53, p = 0.01$; T3: $\rho = 0.51, p = 0.02$), centroparietales izquierdas para Repetición (C3: $\rho = 0.60, p = 0.00$; P3: $\rho = 0.50, p = 0.02$) y temporoparietooccipitales derechas para Comprensión (T4: $\rho = 0.44, p = 0.04$; P4: $\rho = 0.46, p = 0.04$; O2: $\rho = 0.50, p = 0.02$). Por otro lado, se observó que mayores valores en la PA de esta banda en T3 se relacionaron con puntajes menores en la subprueba Expresión ($\rho = -0.47, p = 0.03$).

Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de beta

Finalmente, en la banda beta se observó que valores altos en la PA de derivaciones frontales se relacionan con valores altos en Repetición (F3: $\rho = 0.51, p = 0.01$), Expresión (FP1: $\rho = 0.57, p = 0.00$), Comprensión (FP2: $\rho = 0.72, p = 0.00$; F8: $\rho = 0.49, p = 0.02$) y Habilidades Metalingüísticas (F3: $\rho = 0.53, p = 0.01$); mientras que altos valores en la PA de las derivaciones centrales se relacionaron con altos puntajes en Percepción Auditiva (C4: $\rho = 0.49, p = 0.02$) y Habilidades Metalingüísticas (C3: $\rho = 0.51, p = 0.02$).

De manera adicional, se realizaron las correlaciones de cada derivación para las tres bandas de frecuencia y las puntuaciones obtenidas en cada tarea de lenguaje con el propósito de analizar si existía una asociación con la PA, circunscrita al objetivo particular de cada subprueba (véase *anexo 6*).

Dentro de los resultados obtenidos, se observaron correlaciones negativas en la PA de la banda theta, principalmente en subpruebas que involucran el uso de habilidades metalingüísticas; así como en subpruebas que evalúan la capacidad de diferenciar sonidos no lingüísticos.

Todas las correlaciones significativas respecto a la PA de la banda alfa y las puntuaciones en el desempeño lingüístico fueron positivas y se observaron primordialmente en derivaciones frontocentrales y en subpruebas que involucran la capacidad de diferenciar sonidos no lingüísticos, la repetición de palabras, palabras sin contenido semántico, así como el uso de habilidades metalingüísticas.

Finalmente, todas las correlaciones significativas respecto a la PA de la banda beta y las puntuaciones en el desempeño lingüístico fueron positivas; primordialmente en subpruebas que involucran la capacidad de diferenciar sonidos no lingüísticos, repetir oraciones, nombrar objetos conocidos y contar palabras de una oración.

De manera general, se observó que los resultados observados se asemejan a los presentados por subdominio, con menor potencia estadística debido a la segmentación de los datos.

Análisis suplementarios

Con el objetivo de explorar las características del grupo más representativo de la muestra (6 años, n = 11), se realizaron los análisis respectivos para conocer el desempeño lingüístico de este grupo, las diferencias de PA durante AE y EA, así como las comparaciones entre hemisferios y entre derivaciones homólogas (véase *anexo 7*).

El desempeño de los participantes de 6 años en las subpruebas aplicadas de la batería ENI, se encontró por arriba de lo esperado para su edad, obteniendo una clasificación “por arriba del promedio” en todos los subdominios, con menor variabilidad en las puntuaciones que la observada en la muestra global. Cabe mencionar que las puntuaciones más bajas se observaron en Repetición y Expresión; mientras que las más altas se observaron en Percepción Auditiva, Habilidades Metalingüísticas.

Respecto a la comparación entre la PA durante AE y durante EA para la banda theta, se observó un incremento significativo en la PA de derivaciones primordialmente izquierdas durante EA en comparación con AE; mientras que en la banda alfa el incremento significativo fue observado en derivaciones primordialmente derechas. En cuanto a la banda beta, en este grupo de edad, no se registraron diferencias significativas en la PA al realizar la comparación entre condiciones.

No se observaron diferencias significativas al comparar la PA total del HI con la PA total del HD. Al realizar la comparación entre derivaciones homólogas para la banda theta, se observó que las derivaciones temporales derechas (T4 en EA y T6 en AE) presentaron mayor PA que las derivaciones temporales izquierdas (T3 en EA y T5 en AE). En la banda alfa se obtuvieron resultados similares; las derivaciones temporales derechas (T4 en DIF y T6 en EA) presentaron mayor PA que las derivaciones temporales izquierdas (T3 en DIF y T5 en EA). No se observaron diferencias significativas al realizar la comparación entre derivaciones homólogas para la banda beta.

Discusión

A partir del análisis de la media grupal del desempeño lingüístico de los participantes del presente estudio, se observó que las puntuaciones más bajas fueron obtenidas en los dominios Repetición y Habilidades Metalingüísticas. Se ha reportado que la memoria de trabajo es fundamental para el desarrollo de distintas habilidades lingüísticas, desde la repetición de sílabas y palabras hasta la conciencia fonológica, ya que está involucrada en el mantenimiento y manipulación de las representaciones lingüísticas en el cerebro, (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002; Martínez, Herrera Valle & Vázquez, 2003; Service, 1992); aun cuando su estructura básica está presente desde principios de la etapa escolar formal, el desarrollo de su capacidad continúa hasta la adolescencia (Bunge & Wright, 2007; Fry & Hale, 2000; López, 2014). En concordancia con la literatura reportada, se sugiere que los resultados en el desempeño lingüístico observados podrían estar asociados a la capacidad de la memoria de trabajo, la cual se encuentra en proceso de maduración en niños de 5-7 años. Es importante señalar que, con base en los análisis realizados con los participantes más representativos de la muestra, se observó una puntuación más alta en Habilidades Metalingüísticas, lo cual podría estar asociado a que a los 6 años los niños ya se encuentran en una etapa escolar formal.

Como primera hipótesis de investigación, se esperaba encontrar diferencias en el promedio de potencia absoluta de la actividad electroencefalográfica entre la condición de estimulación audioverbal y la condición de actividad espontánea; con base en los resultados obtenidos se observó un incremento en la potencia absoluta ante estimulación audioverbal lingüística en la mayoría de las derivaciones analizadas en la banda theta, así como un incremento únicamente en las derivaciones temporo-occipitales para la banda beta. Estos resultados son consistentes con los reportados por Giraud et al. (2007), Spironelli y Angrilli (2010), así como Mai et al. (2016); quienes proponen que el procesamiento del lenguaje está asociado a la actividad cortical oscilatoria, principalmente a las bandas de frecuencia theta y beta. Cabe mencionar que las diferencias de potencia registradas en el análisis realizado con los niños de 6 años podrían sugerir que la segmentación de la muestra facilita la identificación de los cambios de potencia asociados a procesos de maduración propios de la edad de este subgrupo.

Adicional al incremento en estas dos bandas, se encontró un aumento en la PA de la banda alfa ante estimulación lingüística en la mayoría de las derivaciones analizadas; hallazgos

contradictorios a los referidos por Peña y Melloni (2012), ya que observaron una disminución en la potencia de esta frecuencia ante la presentación de oraciones, fenómeno descrito como supresión del ritmo alfa posterior a la presentación de un estímulo y asociado a mayor demanda atencional ante la tarea. Sería importante considerar que Peña y Melloni utilizaron la potencia obtenida durante 1500 ms previos a la presentación del estímulo como línea base para realizar la comparación con la potencia obtenida durante los 1500 ms correspondientes a la presentación del estímulo lingüístico; mientras que en el presente estudio, se optó por analizar la potencia absoluta obtenida durante actividad espontánea como línea base para realizar la comparación entre condiciones. Se sugiere que esta diferencia de análisis podría contribuir a la falta de la supresión del ritmo alfa asociada al paradigma utilizado por Peña y Melloni. Adicionalmente, en el presente estudio la escucha fue pasiva, por lo que el aumento registrado en la potencia podría estar relacionado con la función de inhibición activa de esta banda de frecuencia, la cual de acuerdo con Klimesch, Sauseng y Hanslmayr (2007), se refiere a la habilidad para evitar la activación extensa de áreas corticales que no están implicadas directamente en la tarea y es observada como un aumento de potencia o sincronización de esta banda.

A partir de la distribución del incremento de potencia registrado en las bandas theta y alfa, se podría sugerir que estos resultados respaldan la evidencia reportada en otros estudios (Harmony et al., 2009; Soroko et al., 2014) respecto a que a esta edad los valores de amplitud son mayores; existe mayor potencia en las bandas lentas y comienza a observarse un incremento en la banda alfa, reflejo de que se reclutan más áreas cerebrales para realizar exitosamente el procesamiento cognitivo. Asimismo, el incremento de PA en la banda beta registrado solo en regiones temporo-occipitales podría ser evidencia del proceso de maduración de la actividad eléctrica cerebral inherente a la edad de los participantes, ya que como reporta Gasser et al. (1988), la maduración ocurre primero en regiones posteriores y finaliza en las regiones frontales; por lo que un incremento significativo de PA en esta banda en regiones frontales sería poco esperado.

En la segunda hipótesis se planteó que existirían diferencias en el promedio de PA de la actividad electroencefalográfica entre hemisferios en estimulación audioverbal, en la actividad espontánea y su diferencia; la única diferencia registrada fue una mayor PA en la banda theta en el hemisferio derecho durante AE, resultado que apenas alcanzó significancia estadística, por lo que sería importante verificar si se mantiene en investigaciones posteriores con una muestra de

mayor tamaño. Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Mai y colaboradores (2016), ya que no registraron diferencias entre regiones en la potencia de theta, beta y gamma durante la presentación de estímulos lingüísticos. No se encontró la especialización típica del hemisferio izquierdo en la banda beta, propuesta por Spironelli y Angrilli (2010) en escolares de 10 años de edad durante la lectura de palabras. Cabe enfatizar que las características de cada paradigma y la edad de los participantes incluidos; son factores que podrían dar cuenta de las diferencias en el patrón de activación obtenido por estos autores y el patrón descrito en el presente estudio, ya que Spironelli y Angrilli analizaron el procesamiento que subyace a la lectura de palabras con contenido semántico; proceso que involucra regiones cerebrales primordialmente izquierdas (Friederici, 2011). Adicionalmente, debido a la edad y heterogeneidad de la muestra del presente estudio, implementar un paradigma que evaluara procesos de lectoescritura no sería factible.

Como consecuencia de los resultados obtenidos durante la comparación interhemisférica, se decidió explorar la diferencia de potencia a nivel de derivaciones homólogas. La mayoría de las diferencias significativas se encontraron en regiones temporales; hallazgo esperado debido a las áreas corticales implicadas en el procesamiento silábico, que incluyen la corteza auditiva primaria y la parte posterior del lóbulo temporal superior (Friederici, 2011; Hickok & Poeppel, 2000; Kandel et al., 2013). Cabe mencionar que en las bandas alfa y beta, las derivaciones temporales derechas presentaron mayor diferencia de potencia entre condiciones, resultados que de acuerdo a la literatura podrían reflejar la activación de las oscilaciones corticales durante la presentación del estímulo lingüístico (Friederici, 2011; Zatorre et al., 1992); sin embargo, como se señaló al discutir los resultados obtenidos en la comparación de la PA total interhemisférica, la PA reportada por estudios previos, fue mayor en derivaciones izquierdas (Spironelli & Angrilli, 2010). Resultados similares fueron obtenidos en relación con las diferencias significativas en la PA de la banda theta; se observó mayor PA en derivaciones temporales derechas principalmente en AE. En conjunto, estos resultados podrían respaldar la literatura que propone mayor potencia del hemisferio derecho durante el funcionamiento cerebral (Fernández, 1992) como reflejo de procesos de maduración en la actividad eléctrica cerebral en etapa infantil (Clarke et al., 2001).

En la última hipótesis establecida, se propuso que la diferencia de potencia absoluta estaría asociada a los puntajes obtenidos en las subpruebas lingüísticas aplicadas. De manera

general, se encontraron correlaciones moderadas entre la diferencia de potencia de las tres bandas de frecuencia y el desempeño lingüístico de los participantes.

Particularmente, se observó que puntajes más altos en el desempeño lingüístico se relacionan con valores menores en la PA de la banda theta y con valores mayores en la PA de las bandas alfa y beta. Estos resultados también sustentan la propuesta reportada en la literatura (Clarke et al., 2001; Harmony, 1990; Spironelli y Angrilli, 2010) de que los cambios en la actividad oscilatoria están asociados a aspectos de maduración en la etapa infantil; se espera que la actividad en las bandas de frecuencia lentas (delta y theta) disminuya con el incremento de la edad y que la actividad en las bandas de frecuencia rápida (alfa y beta) aumente. Es importante señalar que las correlaciones obtenidas respecto a la PA de la banda beta se observaron en derivaciones frontocentrales y primordialmente en subpruebas de lenguaje que requieren mayor demanda cognitiva, resultados que reflejan el papel de esta banda como un marcador de procesamiento cognitivo, integración y aprendizaje (Spironelli & Angrilli, 2010). La banda theta fue más sensible al subdominio Percepción Auditiva, la cual evalúa características básicas del procesamiento lingüístico, como la distinción tonal y fonémica; resultados consistentes con la propuesta de Poeppel (2003), ya que señala que esta banda de frecuencia está involucrada en la percepción de estímulos lingüísticos en la corteza auditiva.

Limitaciones

Una de las principales limitaciones del presente estudio fue el tamaño de la muestra una vez aplicados los criterios de eliminación y exclusión; debido principalmente a registros electroencefalográficos con exceso de artefactos y puntuaciones de CIT fuera del rango establecido, lo que complicó la posibilidad de estratificar a la muestra por edad; análisis que, con base en los resultados generales y en los resultados obtenidos a partir de los datos de los participantes de 6 años de edad, podría facilitar el esclarecimiento de las diferencias de maduración del procesamiento y desempeño lingüístico de acuerdo a la edad de los participantes.

En diversos estudios (Giraud et al., 2007; Hirata et al., 2004; Maguire y Abel, 2013) se ha encontrado que la banda gamma juega un papel importante en el funcionamiento lingüístico, sin embargo, las características del sistema de registro EEG utilizado, impidieron incorporarla al análisis. Contar con equipos de mayor resolución en el registro de señal permitirá incluirla en

futuras investigaciones e incrementar la información del papel de cada banda de frecuencia durante el procesamiento lingüístico, así como la comprensión del funcionamiento dinámico entre éstas.

Aportaciones

El análisis cuantitativo del electroencefalograma resultó una herramienta útil para detectar de manera objetiva los cambios que ocurren a nivel electrofisiológico durante el procesamiento de contenido fonológico.

La elección del estímulo oral monosilábico permitió delimitar y estudiar la respuesta cerebral involucrada en el reconocimiento de un estímulo lingüístico simple; prescindiendo de la participación de estructuras cerebrales relacionadas con procesos más complejos como la interpretación de una oración o procesos motores asociados a la ejecución de una tarea.

La principal aportación del presente estudio fue haber contribuido a la comprensión del procesamiento del lenguaje por medio del análisis de la relación de las características electrofisiológicas y el desempeño lingüístico en la etapa escolar temprana; realizar una valoración de habilidades lingüísticas en niños con desarrollo normotípico con un instrumento validado en población mexicana, así como hacer uso del electroencefalograma para la exploración de las características cognitivas en esta población, favorece al establecimiento de patrones de normalidad en población infantil, lo que podría contribuir a su vez, a la comparación y a la detección temprana de niños con un posible retraso o alteración en el desarrollo de esta función.

Conclusiones

- La potencia absoluta de la actividad eléctrica cerebral de niños de 5 a 7 años incrementó durante estimulación audioverbal, principalmente en las bandas theta, tal como lo descrito en la literatura en etapa infantil, y alfa, como hallazgo en el presente estudio, el cual se sugiere estar relacionado con el incremento de esta banda de frecuencia como consecuencia del proceso de maduración de la actividad eléctrica cerebral.
- No se registraron diferencias generales entre hemisferios como resultado de la estimulación audioverbal, ni la especialización del hemisferio izquierdo reportada por la literatura principalmente en etapa adulta, sin embargo, con base en el análisis de derivaciones homólogas se pudo identificar que las derivaciones temporales derechas mostraron mayor diferencia de potencia absoluta de alfa y de beta, lo cual podría estar asociado al tipo de estímulo lingüístico utilizado, así como al proceso de maduración cerebral descrito por la literatura en este rango de edad, en el cual se observa mayor potencia en el hemisferio derecho.
- Finalmente, se observó una asociación entre el desempeño lingüístico y la diferencia de potencia registrada; valores mayores en las bandas rápidas se relacionaron con puntajes más altos en el desempeño lingüístico, mientras que valores más altos en la banda theta se relacionaron con puntuaciones menores en el desempeño lingüístico. Estos hallazgos concuerdan con el perfil de desempeño obtenido en la muestra; en los dominios que evalúan componentes lingüísticos que se espera estén parcialmente desarrollados dentro del rango de edad los participantes mostraron puntuaciones por arriba del promedio, mientras que las puntuaciones promedio fueron obtenidas en los dominios que están relacionados con funciones cognitivas que finalizan su desarrollo en etapas posteriores. Se propone que ambos resultados sustentan procesos de maduración en este rango de edad.
- Se puede concluir que en este grupo de edad las oscilaciones cerebrales están involucradas en el procesamiento lingüístico; el patrón registrado para cada banda de frecuencia depende de la demanda cognitiva de la tarea y refleja aspectos de maduración en este rango de edad. La complementariedad de herramientas permitió analizar los componentes del procesamiento del lenguaje por medio del desempeño y de la fisiología, contribuyendo la comprensión de esta función.

Referencias

- AlHammadi, F. S. (2017). Prediction of child language development: A review of literature in early childhood communication disorders. *Lingua: International Review of General Linguistics*, 199, 27-35. doi: 10.1016/j.lingua.2017.07.007
- American-Speech-Language-Hearing Association (c2010). Language in Brief. Recuperado de <https://www.asha.org/Practice-Portal/Clinical-Topics/Spoken-LanguageDisorders/Language-In-Brief/>
- Ardila, A. (1999). A Neuropsychological Approach to Intelligence. *Neuropsychology Review*, 9(3), 117-136.
- Asociación Mexicana de Inteligencia de Mercado y Opinión. (c2014). Índice de Niveles Socio Económicos (NSE) México: AMAI; Recuperado de: <http://nse.amai.org/nseamai2/>
- Balsamo L Xu B Gaillard W. (2006). Language lateralization and the role of the fusiform gyrus in semantic processing in young children. *NeuroImage*, 31, 1306-1314. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.01.027
- Bandettini, P. (2012). Functional MRI: A confluence of fortunate circumstances. *Neuroimage*, 61(2), A3-A11. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.01.130
- Başar, E., Başar-Eroğlu, C., Güntekin, B. & Yener, G. G. (2013). Chapter 2: Brain's alpha, beta, gamma, delta, and theta oscillations in neuropsychiatric diseases. proposal for biomarker strategies. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 62, 19-54. doi: 10.1016/B978-0-7020-5307-8.00002-8
- Bathelt, J., O'Reilly, H., Clayden, J., Cross, J. & de Haan, M. (2013). Functional brain network organization of children between 2 and 5 years derived from reconstructed activity of cortical sources of high-density EEG recordings. *NeuroImage*, 82, 595-604. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.06.003.
- Berwick, R.C., Friederici, A.D., Chomsky, N. & Bolhuis, J.J. (2013). Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(2), 89-98. 10.1016/j.tics.2012.12.002.
- Bookheimer, S.Y. (2000). Methodological issues in pediatric neuroimaging. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 6, 161-165.

- Binder, J.R., Frost, J.A., Hammeke, T.A., Bellgowan, P.S.F., Springer, J.A., Kaufman, J.N., Possing, E.T. (2000). Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cerebral Cortex*, 10, 512-528. 10.1093/cercor/10.5.512
- Bishop, D.V.M., Hardiman, M.J. & Barry, J.G. (2010). Lower- frequency event- related desynchronization: a signature of Late Mismatch Responses to sounds; which is reduced or absent in children with Specific Language Impairment. *The Journal of Neuroscience*, 30 (46), 15578-15584. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2217-10.2010
- Bunge, S. A. & Wright, S. B. (2007). Neurodevelopmental changes in working memory and cognitive control. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(2), 243–250. doi:10.1016/j.conb.2007.02.005
- Bulut, T. Wu, D. H. (2016). A brief review of linguistic and psycholinguistic perspectives on language processing. *Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal*, 20 (2), 87-99.
- Buzsáki, G. (2006). Cyle 5 A system of rhythms: from simple to complex dynamics. En Autor, *Rhythms of the brain* (pp. 111-135). London: Oxford University Press.
- Buzsaki, G. & Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science*, 304(5679), 1926 - 1929.
- Camargo-Mendoza, M. & Garayzábal-Heinze, E. (2015). Perfil de desarrollo morfosintáctico del español de Colombia: S-LARSP. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 35, 62-76. doi: 10.1016/j.rlfa.2014.09.006
- Canet-Juric, L. & Urquijo, S. & Richard's, M. & Burin, D. (2009). Predictores cognitivos de niveles de comprensión lectora mediante análisis discriminante. *International Journal of Psychological Research*, 2(2), 99-111.
- Catani, M. & Bambini, V. (2014). A model for social communication and language evolution and development (SCALED). *Current Opinion in Neurobiology*, 28, 165–171. doi: 10.1016/j.conb.2014.07.018
- Cerdas-Núñez, J., Polanco-Hernández, A. & Rojas-Núñez, P. (2002). El niño entre cuatro y cinco años: características de su desarrollo socioemocional, psicomotriz y cognitivo-lingüístico. *Revista Educación*, 26(1), 169-182.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., Dupuy, F. E., McCarthy, R., Selikowitz, M. & Johnstone, S. J. (2013). Excess beta activity in the EEG of children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a

- disorder of arousal? *Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 89(3), 314-319. doi:10.1016/j.ijpsycho.2013.04.009
- Clarke, A.R., Barry, R.J., McCarthy, R. & Selikowitz, M. (2001). Age and sex effects in the EEG: development of the normal child. *Clinical Neurophysiology* 112 (5), 806-814. doi: 10.1016/S1388-2457(01)00488-6
- Crone, N. E., Boatman, D., Gordon, B. & Hao, L. (2001). Brazier Award-winning article, 2001: Induced electrocorticographic gamma activity during auditory perception. *Clinical Neurophysiology*, 112565-112582. doi:10.1016/S1388-2457(00)00545-9
- Decasper, A.J. & Fifer, W.P. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208(4448), 1174 - 1176.
- Defior, S. & Serrano, F. (2011). La conciencia fonémica, aliada de la adquisición del lenguaje escrito. *Revista de Logopedia, foniatría y audiolología*, 31(1), 2-13.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S. & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science*, 298(5600), 2013-2015.
- Dubois, J., Hertz-Pannier, L., Cachia, A., Mangin, J.F., Le Bihan, D. & Dehaene-Lambertz, G. (2009). Structural asymmetries of perisylvian regions in the preterm newborn. *Cerebral Cortex*, 19 (2), 414- 423.
- Eimas, P. D., Siqueland, E.R., Jusczyk, P. & Vigorito, J. (1971). Speech Perception in Infants. *Science*, 171 (3968), 303-306. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5538846>
- Fernández, T.H. (1994). Estudio de los parámetros espectrales del electroencefalograma (EEG) durante tareas mentales. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2 (2), 351-368.
- Ferreira, F. (2005). Psycholinguistics, formal grammars, and cognitive science. *The Linguistic Review*, 22(2-4), 365-380.
- Franco, M.O. & Treuil, C. (2007). Las habilidades metalingüísticas: estudio con niños que reciben instrucción en francés. *Infancia y Aprendizaje*, 30(1), 3-24. doi: 10.1174/021037007779849655
- Friederici, A. D. (2005). Neurophysiological markers of early language acquisition: from syllables to sentences. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(10), 481-488.
- Friederici, A.D. (2006). The neural basis of language development and its impairment. *Neuron*, 52, 941-952. doi: 10.1016/j.neuron.2006.12.002

- Friederici, A.D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function. *Physiological Reviews*, 91, 1357–1392, doi: 10.1152/physrev.00006.2011
- Fry, A. F. & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54(1-3), 1–34. doi: 10.1016/S0301-0511(00)00051-X
- Galán, I.(2007). Evaluación neuropsicológica y de la lateralidad del lenguaje en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal. (tesis de maestría). De la base de datos de TESIUNAM (tes.TES01000621712)
- Galián-Conesa, M. D., Ato-Lozano, E. & Carranza-Carnicero, J.A. (2010). Explosión del vocabulario infantil y primer lenguaje: una revisión. *Anales de Psicología*, 26(2), 341-347.
- Galicia-Alvarado, M. A. (2014). Correlato del espectro de potencia alfa y beta con procesos de atención y memoria de trabajo en escolares (tesis de maestría). De la base de datos de TESIUNAM (tes.TES01000715353)
- Gasser, T., Jennen-Steinmetz, C., Sroka, L., Verleger, R. & Möcks, J. (1988). Development of the EEG of school-age children and adolescents. II Topography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69, 100-109. doi:10.1016/0013-4694(88)90205-2
- Gasser, T., Verleger, R., Bächer, P. & Sroka, L. (1988). Development of the EEG of school-age children and adolescents. I. Analysis of band power. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69, 91-99. doi: 10.1016/0013-4694(88)90204-0
- Giraud, A.L., Kleinschmidt, A., Poeppel, D., Lund, T.E., Frackowiak, R.S. & Laufs, H. (2007). Endogenous cortical rhythms determine cerebral specialization for speech perception and production. *Neuron*, 56(6), 1127–1134. doi: 10.1016/j.neuron.2007.09.038
- Giraud, A.L & Poeppel, D. (2012). Cortical oscillations and speech processing: emerging computational principles and operations. *Nature Publishing Group*, 14(4), 511-517. doi: 10.1038/nn.3063
- Gleason, J. B., Ratner, N. B. & Moreno López, Y. (2010). *El desarrollo del lenguaje*. Madrid, España: Pearson.
- Granados-Vázquez, L. & Auza-Benavides, A. (2012). Evaluación del conocimiento morfológico mediante la prueba SPELT-II en niños hispanohablantes preescolares y escolares de escuela pública y privada. *Lenguaje*, 40(1), 183-208. Recuperado de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-34792012000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Güntekin, B. & Başar, E. (2016). Review of evoked and event-related delta responses in the human brain. *International Journal of Psychophysiology*, 103, 43-52. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.001
- Gutiérrez-Clellen, V.F., Adelaida, M. & Simón-Cerejido, G. (2006). Evaluating the discriminant accuracy of a grammatical measure with Spanish-speaking children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49, 1209-1223. doi: 10.1044/1092-4388(2006/087)
- Hämäläinen, M., Hari, R., Ilmoniemi, R.J., Knuutila, J. & Lounasmaa, O.V. (1993). Magnetoencephalography---theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain. *Reviews of Modern Physics*, 65(2), 413-497. doi:10.1103/RevModPhys.65.413
- Hari, R. & Salmelin, R. (2012). Magnetoencephalography: From SQUIDS to neuroscience Neuroimage 20th Anniversary Special Edition. *Neuroimage*, 61(2), 386-396. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.11.074
- Harmony, T., Marosi, E., Díaz de León, A.E., Becker, J. & Fernández, T. (1990). Effect of sex, psychosocial disadvantages and biological risk factors on EEG maturation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 7(6), 482-491. doi:10.1016/0013-4694(90)90135-7
- Herreras, E. (2007) Evaluación neuropsicológica y desarrollo evolutivo. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 14(1), 131-140. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277731688_Evaluacion_neuropsicologica_y_desarrollo_evolutivo [accessed Jan 9 2018].
- Hervé, P.Y., Zago, L., Petit, L., Mazoyer, B. & Tzourio-Mazoyer N. (2013). Revisiting human hemispheric specialization with neuroimaging. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(2), 69-80.
- Hickok, G. & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 131-138.
- Hillyard, S. A. & Kutas, M. (1983). Electrophysiology of cognitive processing. *Annual Review of Psychology*, 34(1), 33-61.

- Hirata, M., Kato, A., Taniguchi, M., Saitoh, Y., Ninomiya, H., Ihara, A., Kishima, H., Oshino, S., Baba, T., Yorifuji, S. & Yoshimine, T. (2004). Determination of language dominance with synthetic aperture magnetometry: comparison with the Wada test. *Neuroimage*, 23(1), 46-53.
- Hoff, E. (2014). *Language development* (5ª edición). California :Wadsworth.
- Holland, S. K., Plante, E., Weber Byars, A., Strawsburg, R. H., Schmithorst, V. J. & Ball, W. J. (2001). Normal fMRI brain activation patterns in children performing a verb generation task. *Neuroimage*, 14(4), 837-843. doi: 10.1006/nimg.2001.0875
- Imada, T., Zhang, Y., Cheour, M., Taulu, S., Ahonen, A. & Kuhl, P. (2006). Infant speech perception activates Broca's area: a developmental magnetoencephalography study. *Neuroreport*, 17 (10), 957-962. doi:10.1097/01.wnr.0000223387.51704.89
- Jackson-Maldonado, D. (1988). Evaluación del lenguaje infantil: enfoque transcultural. En *Lenguaje oral y escrito*, ed. A. Ardila and F. Ostrosky-Solis. México: Trillas.
- Jackson-Maldonado, D. (1999). Chapter 3: Early language assessment for Spanish-speaking children: border realities. *The Bilingual Review/La Revista Bilingüe*, 24(1), 35-52. JSTOR Journals, edsjsr.25745647.
- Jackson-Maldonado, D. y Bárcenas, P. (2006). Assessment of early communicative abilities in Spanish-speaking children from low SES families. *Zero to Three*, 27, 22-27. Recuperado de <https://donna.jackson.weebly.com/publicaciones.html>
- Jiménez-Colín, M., Ricardo-Garcell, J., Bosch-Bayard, J., Cruz-Rivero, E., Salvador-Cruz, J., Pasaye-Alcaraz, E.H., Harmony-Baillet, T. (2018). Influencia del estatus socioeconómico sobre variables cognitivas y electroencefalográficas en escolares con riesgo de daño cerebral. *Revista Cubana de Pediatría*, 90(2), 267-275. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312018000200007
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., Hudspeth, A. J. & Mack, S. (2013). *Principles of neural science*. New York : McGraw-Hill.
- Kisilevsky, B. S., Hains, S. M. J., Brown, C. A., Lee, C. T., Lee, K., Cowperthwaite, B., ... Wang, Z. (2009). Fetal sensitivity to properties of maternal speech and language. *Infant Behavior and Development*, 32(1), 59-71. doi: 10.1016/j.infbeh.2008.10.002
- Kisilevsky, B. S., Pang, L. & Hains, S. M. J. (2000). Maturation of human fetal responses to airborne sound in low- and high-risk fetuses. *Early Human Development*, 58(3), 179-195. doi: 10.1016/S0378-3782(00)00075-X

- Kisilevsky, B. S., Sylvia M. J. Hains, Lee, K., Xie, X., Huang, H., Ye, H. H., ... Wang, Z. (2003). Effects of experience on fetal voice recognition. *Psychological Science*, 14(3), 220-224. doi: 10.1111/1467-9280.02435
- Klimesch, W., Sauseng, P. & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 53, 63-88. doi:10.1016/j.brainresrev.2006.06.003
- Klingberg, T., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2002). Training of Working Memory in Children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24, 781-91. doi: 10.1076/j.cen.24.6.781.8395.
- Kornilov, S. A., Lebedeva, T. V., Zhukova, M. A., Prikhoda, N. A., Korotaeva, I. V., Kuposov, R. A. & ... Grigorenko, E. L. (2016). Language development in rural and urban Russian-speaking children with and without developmental language disorder. *Learning and Individual Differences*, 46, 45-53. doi: 10.1016/j.lindif.2015.07.001
- Kuhl, P. K. (2010). Brain mechanisms in early language acquisition. *Neuron*, 67(5), 713-727. doi: 10.1016/j.neuron.2010.08.0386/j.neuron.2010.08.038
- Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621–647. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.131123
- Le Normand, M.T. (2001). Capítulo 2: Modelos psicolingüísticos del desarrollo del lenguaje. En Narbona, J. & Chevrie-Muller, C. (Eds.), *El lenguaje del niño: desarrollo normal, evaluación y trastornos* (2ª ed., pp. 29-46). Barcelona: Masson.
- Martínez, L., Herrera, C., Valle, J. & Vázquez, M. (2003). Memoria de trabajo fonológica en preescolares con Trastorno Específico del Lenguaje Expresivo. *Psykhé*, 12(2), 153-162. Recuperado de <http://www.psykhe.cl/index.php/psykhe/article/view/361/341>
- Lopes da Silva, F. (2013). Primer: EEG and MEG: Relevance to Neuroscience. *Neuron*, 80, 1112-1128. doi:10.1016/j.neuron.2013.10.017
- López, Magdalena. (2014). Desarrollo de la memoria de trabajo y desempeño en cálculo aritmético: un estudio longitudinal en niños. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293130506008>> ISSN
- Maguire, M. J. & Abel, A. D. (2013). What changes in neural oscillations can reveal about developmental cognitive neuroscience: language development as a case in point. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 125-136. doi: 10.1016/j.dcn.2013.08.002

- Mai, G., Minett, J.W. & Wang, W.S. (2016). Delta, theta, beta, and gamma brain oscillations index levels of auditory sentence processing. *NeuroImage*, 133, 516-528. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.02.064
- Mariscal, S. & Auza Benavides, A. (2017). Typical language development of monolingual Spanish-speaking children. *Literacy Studies*, 14, 3–36. doi:10.1007/978-3-319-53646-0_1
- Matute, E., Inozemtseva, O., González-Reyes, A.L. & Chamorro, Y. (2014). La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 14(1), 68-95.
- Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. & Ostrosky, F. (2007). Evaluación Neuropsicológica Infantil— ENI. Mexico: Manual Moderno.
- McCarthy, D. (1960). Language development and language disorders: a compendium of lectures. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 25(3), 5-14. Recuperado de; <http://www.jstor.org/stable/1165630>
- Meador, K.J. & Loring, D.W. (1999). The Wada test: controversies, concerns, and insights. *Neurology*, 52 (8), 1535. doi: 10.1212/WNL.52.8.1535
- Mejía, A.S. (2013). Procesos fonológicos en una prueba de repetición de no-palabras en niños con Trastorno Primario del Lenguaje y con desarrollo típico. (tesis de maestría). De la base de datos de TESIUNAM
- Mendoza, E. & Carballo, G. (1990). La evaluación del lenguaje en la edad preescolar. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 10 (2), 84-90. doi: 10.1016/S0214-4603(90)75484-8
- Miller, J. L., Saklofske, D. H., Weiss, L. G., Drozdick, L., Llorente, A. M., Holdnack, J. A., & Prifitera, A. (2016). Capítulo 10: Issues Related to the WISC-V Assessment of Cognitive Functioning in Clinical and Special Groups. En autores, *WISC-V Assessment and Interpretation* (pp. 287–343). Sacramento, California: Academic Press. doi:10.1016/b978-0-12-404697-9.00010-8
- Montoya-Londono, D.M., Cifuentes, V.V. & Lubert, C.D. (2011). Caracterización neuropsicológica de una muestra de niños y niñas con TDAH de la ciudad de Manizales. *Biosalud*, 10(1), 30-51. ISSN 1657-9550

- Morillon B, Lehongre K, Frackowiak R, Ducorps A, Kleinschmidt A, Poeppel D, Giraud. (2010). A neurophysiological origin of human brain asymmetry for speech and language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (43), 18688–18693. doi: 10.1073/pnas.1007189107
- Ogawa, S., Lee, T., Kay, A. & Tank, D. (1990). Brain Magnetic Resonance Imaging with Contrast Dependent on Blood Oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(24), 9868-9872.
- Ortega, J.L. (1995). La evaluación del lenguaje oral infantil. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 15(4), 241-250. doi: 10.1016/S0214-4603(95)75622-4
- Palva, Palva, (2007). New vistas for -frequency band oscillations. *Trends in Neurosciences*, 30, 150–158. doi:10.1016/j.tins.2007.02.001
- Peña, M., Maki, A., Kovacic, D., Dehaene-Lambertz, G., Koizumi, H., Bouquet, F. & Mehler, J. (2003). Sounds and silence: An optical topography study of language recognition at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (2), 11702-11705. doi:10.1073/pnas.1934290100
- Peña, M. & Melloni, L. (2012). Brain oscillations during spoken sentence processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(5), 1149-64. doi: 10.1162/jocn_a_00144
- Pfurtscheller, G. (2001). Functional brain imaging based on ERD/ERS. *Vision Research*, 41(10-11), 1257-1260. doi: 10.1016/S0042-6989(00)00235-2
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1997). Capítulo IV: Las operaciones “concretas” del pensamiento y las relaciones interindividuales. En autores, *Psicología del niño* (14ª ed., pp. 96-130). Madrid, España: Morata.
- Pizzagalli, D. A. (2007). Electroencephalography and high-density electrophysiological source localization. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 56-84). Nueva York, EUA: Cambridge University Press.
- Poeppel, D. (2014). The neuroanatomic and neurophysiological infrastructure for speech and language. *Current Opinion in Neurobiology*, 28, 142-149. doi: 10.1016/j.conb.2014.07.005
- Portellano, J.A. (2005). *Introducción a la Neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.

- Portellano, J.A. (2009). Cerebro derecho, cerebro izquierdo. Implicaciones neuropsicológicas de las asimetrías hemisféricas en el contexto escolar. *Psicología Escolar*, 15(1), 5-12. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3113502>
- Puyuelo, M., Salavera, C. & Wiig, E. (2013). Aportaciones a la evaluación del lenguaje mediante BLOC-C y BLOC-SR. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 33(2), 83-96. doi:10.1016/j.rlfa.2013.04.005
- Puyuelo, M., Sanclemente, M. (1995). Revisión sobre los procedimientos de evaluación del lenguaje. Historia y actualidad de los métodos de evaluación. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 15(2), 76-93. doi:10.1016/S0214-4603(95)75612-1
- Quijano, M., Aponte, M., Suarez, D. & Cuervo, M. (2013). Caracterización neuropsicológica en niños con diagnóstico de trastorno específico de aprendizaje en Cali, Colombia. *Psicología desde el Caribe*, 30(1), 67-90.
- Quintanar, L. Solovieva, Y. & Lázaro, E. (2008). Evaluación neuropsicológica infantil breve para población hispano-parlante. *Acta Neurológica Colombiana*, 24, 31-44.
- Raschle, N., Zuk1, J., Ortiz-Mantilla, S., Sliva, D.D., Franceschi, A., Ellen Grant, P., Benasich, A.A & Gaab, N. (2012). Pediatric neuroimaging in early childhood and infancy: challenges and practical guidelines. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252, 43-50. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06457.x
- Rondal, J.A., Esperet, E., Gombert, J.E., Thibaut, J.P. & Comblain, A. (2003). Desarrollo del lenguaje oral. En Puyuelo, M. y Rondal, J.A: *Manual de desarrollo y alteraciones del lenguaje*. España: Masson.
- Rosselli, M., Matute, E., Ardila, A. & Viveros Fuentes, S. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México: Manual Moderno.
- Royle, P. & Courteau, E. (2014). Language processing in children with Specific Language Impairment: a review of event-related potential studies. *Journal of Communications Research*, 6(1), 21-42. Recuperado de: https://eoa.umontreal.ca/wp-content/uploads/sites/32/publicationsRoyleP_languageProcessingSpecificImpairment.pdf

- Saby, J.N. & Marshall, P.J. (2012). The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 37(3), 253- 273. doi: 10.1080/87565641.2011.614663
- Saffran, J.R., Werker, J.F. & Werner, L.A. Lerner, R. M. (2006). Capítulo 2: The infant's auditory world: hearing, speech, and the beginnings of language en Kuhn, D. & Siegler, R. (Eds.) *Handbook of child psychology and developmental science: cognition, perception and language* (pp. 58-128) Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Sandel, L. (1998). The relationship between language and intelligence, review of historical research: summary #5. 1-18. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=ED470647>
- Schober, P., Boer, C. & Schwarte, L.A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, 126 (5), 1763- 1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
- Service, E. (1992). Phonology, working memory, and foreign- language learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45 (1), 21-50. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/14640749208401314>
- Snowling, M.J. & Hayiou-Thomas, M.E. (2010). Chapter 13: Specific Language Impairment. En Yeates, Ris, Taylor & Pennington (Eds.) *Pediatric Neuropsychology* (2ª ed., pp. 363-392). Nueva York: Guilford Publications.
- Soroko, S.I., Shemyakina, N.V., Nagornova, Zh,V. & Bekshaev, S.S. (2014). Longitudinal study of EEG frequency maturation and power changes in children on the Russian North. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 38, 127-137.
- Spironelli, C. & Angrilli, A. (2010). Developmental aspects of language lateralization in delta, theta, alpha and beta EEG bands. *Biological Psychology*, 85, 258-267. doi: 10.1016/j.biopsycho.2010.07.011
- Stevens, C., Paulsen, D., Yasen, A., Mitsunaga, L., Neville, H. (2011). Electrophysiological evidence for attenuated auditory recovery cycles in children with specific language impairment. *Brain Research*, 1438, 35-47. doi:10.1016/j.brainres.2011.12.039
- Stiles, J., Reilly, J.S., Levine, S.C, Trauner, D.A. & Nass, R. (2012). *Neural plasticity and cognitive development*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.

- Szaflarski, J. P., Holland, S. K., Schmithorst, V. J. & Byars, A. W. (2006). An fMRI study of language lateralization in children and adults. *Human Brain Mapping*, 27(3), 202. doi:10.1002/hbm.20177002/hbm.20177
- Thompson, E., Woodruff-Carr, K., White-Schwoch, T., Tierney, A., Nicol, T. & Kraus, N. (2016). Hemispheric asymmetry of endogenous neural oscillations in young children: implications for hearing speech in noise. *Scientific Reports*, 6, 19737. doi: 10.1038/srep19737
- Urrestarazu, E. & Iriarte, J. (2005). Análisis matemáticos en el estudio de señales electroencefalográficas. *Revista de Neurología*, 41 (7),423-434. Recuperado de: <https://www.neurologia.com/articulo/2004577>
- Vissienon, K., Friederici, A. D., Brauer, J. & Wu, C. (2017). Functional organization of the language network in three- and six-year-old children. *Neuropsychologia*, 98, 24-33. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.014
- Vitalii V., C., Ute, G., Florian, H., Martin, H., Stephan, R. & Peter, F. (2016). Quantitative EEG and Cognitive Decline in Parkinson's Disease. *Parkinson's Disease*, 2016, 960649. doi:10.1155/2016/9060649
- Vivar, P. & León, H. (2009). Desarrollo fonológico-fonético en un grupo de niños entre 3 y 5, 11 años. *Revista CEFAC*, 11(2), 190-198. doi: 10.1590/S1516-18462009000200003
- Zatorre, R.J., Belin, P. & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 6 (1), 37-46. 10.1016/S1364-6613(00)01816-7
- Zatorre, R.J., Evans, A.C., Meyer, E. & Gjedde, A. (1992). Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science*, 256, 846-849.
- Wechsler, D. (2002). *WPPSI- III: Escala Wechsler de Inteligencia para los niveles Preescolar y Primario - III*. México: Manual Moderno.
- Wechsler, D. (2005). *WISC- IV: Escala de Inteligencia de Wechsler para niños - IV*. México: Manual Moderno.

Anexo 1: Consentimiento

Título: Análisis de las diferencias en la PA entre niños con TEL y niños con DT durante la presentación de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos.

Lugar y fecha: México, D.F. a ____/____/____

¿Para qué se efectúa el estudio?

El presente estudio es una investigación clínica que se realizará en el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) y que tiene como objetivo estudiar los aspectos electrofisiológicos, y neuropsicológicos de niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL), en comparación con niños con Desarrollo Típico (DT) con el fin de encontrar, si es que existen, las principales diferencias entre ambos y así, incrementar el conocimiento que tanto médicos como psicólogos poseen acerca del trastorno. Para ello requerimos la participación voluntaria de niños con DT.

¿En qué consiste el estudio?

En el presente estudio se realizará un electroencefalograma (EEG) durante la presentación de estímulos auditivos. Los estudios representan un riesgo mínimo para el/la menor ya que no son invasivos ni dolorosos. Adicionalmente, se aplicarán pruebas neuropsicológicas que miden habilidades como: lenguaje, atención, memoria y estado de ánimo.

¿Quiénes pueden participar como grupo control en este estudio?

En el presente estudio pueden participar niños de entre 5 y 7 años 11 meses de edad que no presenten retraso o alteraciones en el lenguaje, que tengan un promedio mínimo de 8, que no presenten ningún otro tipo de enfermedad y que no estén bajo tratamiento farmacológico psicoactivo.

¿Quiénes no pueden participar como grupo control en este estudio?

Por las características del presente estudio, no es posible que participen niños:

- Que no tengan 5-7 años 11 meses de edad
- Que no presenten desempeño lingüístico en un rango esperado para su edad en la batería ENI
- Que presenten dificultades en el lenguaje como consecuencia directa de una lesión neurológica, alteraciones a nivel motor y/o estructural del aparato fono articulador, alteraciones auditivas o emocionales como: autismo, síndrome de X-frágil, Síndrome de Down, epilepsia, convulsiones febriles, parálisis cerebral, síndrome de Landau-Kleffner, labio leporino y/o fisura palatina, maloclusión dental, disartria, apraxia del habla infantil, depresión o ansiedad
- Que presenten hipoacusia conductiva, neurosensorial o mixta o que hayan presentado cuadro de otitis media en los últimos seis meses
- Que no sean monolingües o cuya lengua materna no sea el español (lengua indígena o extranjera).

- Que presenten un CI menor a 80 en la escala WPPSI-III (niños de 5 años) o WISC IV (niños de 6 y 7 años)

¿Qué se me pedirá que haga?

Acudir con el/la mejor a las instalaciones del laboratorio de EEG en el Servicio de Electrodiagnóstico, primer piso del edificio principal del Instituto Nacional de Rehabilitación (Calz, México Xochimilco 289, Col Guadalupe Arenal, Tlalpan) a tres sesiones de evaluación en la fecha y en la hora acordada con el personal médico para responder cuestionarios y preguntas en una entrevista individual, así como realizar el electroencefalograma y la valoración psicológica.

1ª sesión: historia clínica y cuestionario de nivel socioeconómico respondidas por el padre; escalas de ansiedad y depresión respondidas por el menor (1 hora. aprox.).

2ª sesión: se le aplicará al menor la prueba de inteligencia WPPSI-III o WISC-IV (niños de 6 y 7 años) (1 hora 30 min aprox.).

3ª sesión: se realizará el EEG (1 hora aprox.) y se responderá la batería ENI (1 hora aprox.).

¿Qué se conoce acerca del electroencefalograma?

Es una prueba diagnóstica no invasiva e indolora que consiste en la colocación de pequeños discos metálicos (electrodos) en diferentes puntos de la cabeza con el fin de medir la actividad eléctrica del cerebro.

¿Quién sufraga los gastos del estudio?

Las valoraciones y los estudios son completamente gratuitos y al finalizar el periodo de recolección de información, se entregará un breve informe confidencial con los resultados principales de las pruebas realizadas al menor. Los gastos de transporte no son cubiertos por la institución ni por los investigadores a cargo del estudio.

¿Qué efectos indeseables pueden sucederle a mi hijo(a) al participar en el presente estudio?

El estudio es considerado de riesgo mínimo: todas las evaluaciones son indoloras y no invasivas por lo tanto, no se espera ningún efecto indeseable en el menor. Todas las pruebas son ejecutadas por personal de salud debidamente capacitado.

Si mi hijo(a) tiene que hospitalizarse por efecto indeseable relacionado con el estudio ¿quién sufraga las cuentas del hospital?

No se contempla la necesidad de hospitalización debido a que el estudio no compromete la salud del menor.

¿Qué beneficios puedo esperar?

Al finalizar los estudios, se le entregará un breve informe personalizado y confidencial con los principales resultados obtenidos.

¿A quién debo llamar en caso de tener preguntas?

En caso de tener alguna duda o comentario acerca del estudio o de los procedimientos y requerimientos del mismo usted puede dirigirse a los investigadores responsables del estudio:

Mtra. Marlene Alejandra Galicia Alvarado
Laboratorio de EEG, 1º piso del Instituto
Nacional de Rehabilitación
Av. Méx Xomchimilco No. 289 Col.
Arenal de Gpe. C.P. 10241 Tel.
59991000 Ext. 13270
magalicia@inr.gob.mx

Dra. Itzel Graciela Galán López
Facultad de Psicología, UNAM
Av. Universidad No. 3004
Copilco Universidad Tel.
5539397638
itzelgl@yahoo.com

Psic. Morales García Vania Verónica
Facultad de Psicología, UNAM
Av. Universidad No. 3004
Copilco Universidad
4425957442
m.van.vg@gmail.com

¿Puedo negarme/mi hijo(a) puede negarse a participar en este estudio y se me puede pedir que abandone el estudio?

La participación de su hijo en el presente estudio es totalmente voluntaria, por lo que usted y/o el menor pueden retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que acarree prejuicio alguno para el menor o para usted dentro del INR. Su participación puede suspenderse por la negativa o poca disposición del menor, impidiendo la realización de las valoraciones mencionadas. También puede suspenderse o posponerse si el niño contrae alguna enfermedad infecciosa o viral que pueda poner en riesgo de contagio a la demás población dentro del hospital.

¿Quiénes podrán acceder a mis datos y a los de mi hijo(a)?

Los datos personales de su hijo así como aquellos derivados del estudio, son completamente confidenciales y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

¿Qué se hará con los datos recolectados?

Se realizará un análisis en computadora del registro del EEG. Los datos de las pruebas psicológicas se analizarán para conocer el funcionamiento mental del menor.

¿Puedo conocer los resultados?

Al finalizar el periodo de evaluación se le entregará un breve informe personalizado y confidencial con los resultados principales de las pruebas realizadas al menor.

Al firmar a continuación acepto que:

- He leído este consentimiento, del cual recibiré una copia si decido que mi hijo participe.
- He tenido la oportunidad de formular preguntas y éstas han sido respondidas.
- Entiendo que la participación de mi hijo es voluntaria.
- Acepto que mi hijo(a) participe en este estudio, si él/ella asienten a colaborar en éste.
- Doy permiso para que se use y se comparta la información referente a mi hijo (a) como se describe en este formato.

- Puedo preferir que mi hijo(a) no participe en el estudio o que lo abandone en cualquier momento comunicándoselo a los investigadores responsables, sin que esto demerite en la calidad de atención que reciba en el INR.
- Podría ser que mi hijo(a) tenga que abandonar el estudio sin mi consentimiento en caso de requerir otro tratamiento, muestra poca disposición para realizar las valoraciones o no acude a sus citas.

Acepto que me han entregado una copia de este documento, por lo cual ACEPTO Y FIRMO DE CONFORMIDAD.

Nombre del familiar responsable o tutor legal.	Firma	Fecha
--	-------	-------

Nombre del participante

Nombre de Testigo 1	Firma de Testigo 1	Relación con el participante
---------------------	--------------------	------------------------------

Nombre de Testigo 2	Firma de Testigo 2	Relación con el participante
---------------------	--------------------	------------------------------



CARTA DE ASENTIMIENTO INFORMADO

Análisis de la potencia EEG de niños con Trastornos Específicos del Lenguaje (TEL) y niños con Desarrollo Típico (DT) durante la presentación de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos.

¡Hola! Nuestros nombres son Marlene Galicia Alvarado y Vania Morales García y trabajamos en el Instituto Nacional de Rehabilitación. Actualmente el Instituto está realizando un estudio para conocer las características del funcionamiento cerebral de niños con dificultades en el lenguaje y para ello queremos pedirte que nos ayudes. ¿Tengo que hacerlo?

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando tu papá o mamá hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, no habrá ningún problema, o si no quieres responder a alguna pregunta en particular, tampoco habrá problema. Tu participación consistiría en:

1. La primera vez que vengas vamos a medir tu inteligencia por medio de algunas preguntas.
2. La segunda vez, te haremos un estudio para medir la actividad eléctrica de tu cerebro. Te colocaremos unos pequeños discos metálicos (electrodos) en diferentes puntos de la cabeza. Te pediremos que estés muy quieto.

Esta información será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie tus respuestas o resultados, solo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio y tus papás.

¿Me va a doler?

No, ninguna de las actividades que hagamos contigo es dolorosa.



¿Obtengo algo por participar en la investigación?

Los resultados se los diremos a tus papás y pueden ayudarte a que conozcas más acerca de tus habilidades. Además, con tu participación ayudas a niños con problemas de lenguaje.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una (✓) en el cuadrito de abajo que dice “Sí quiero participar” y escribe tu nombre.

Si no quieres participar, no pongas ninguna (✓), ni escribas tu nombre.

Sí quiero participar

Nombre: _____

“Sé que puedo elegir participar en la investigación o no hacerlo. Se me ha leído la información y entiendo de qué se trata. Me han respondido las preguntas y sé que puedo hacer preguntas más tarde si las tengo. Entiendo que cualquier cambio se discutirá conmigo.

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

Declaración del investigador

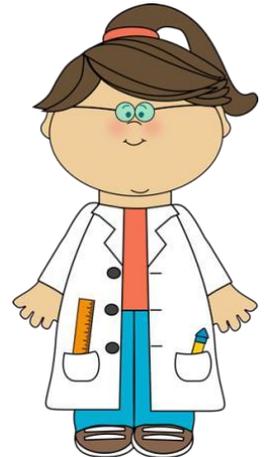
Yo certifico que le he explicado al menor de edad la naturaleza y el objetivo de la investigación, y que él o ella entiende en qué consiste su participación, los posibles riesgos y beneficios implicados.

Todas las preguntas que el menor de edad ha hecho le han sido contestadas en forma adecuada. Así mismo, he leído y explicado adecuadamente las partes del asentimiento. Hago constar con mi firma.

Nombre del investigador. _____

Firma _____

Fecha (dd/mm/aaaa): _____



Anexo 3: Historia clínica

HISTORIA CLINICA DEL DESARROLLO					
EN NIÑOS Y NIÑAS CON DESARROLLO NORMOTÍPICO					
Entrevistador:			Fecha de Evaluación:		
Nombre del niño:			Género : Masculino <input type="radio"/> Femenino <input type="radio"/>		
Dirección:			Correo electrónico:		
Teléfono					
Otro contacto:					
Edad:	Año	meses	Fecha de Nacimiento:	Lugar de Nacimiento:	
Peso:	kg		Estatura:	cm	
Lateralidad:		Lengua Materna: _____		IMC:	
Diestro(a)				Otros Idiomas	
Zurdo(a)				Hablado %	
Mixto				Escrito %	
				Comprensión %	
Nombre de la Madre:			Edad:		
Escolaridad:		Ocupación:			
Dirección:			Teléfono Casa: Celular:		
Nombre del Padre:			Edad:		
Escolaridad:		Ocupación:		Ocupación:	
Dirección:			Teléfono Casa: Celular:		
EMBARAZO					
Fue un embarazo planeado: <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí Tuvo la madre supervisión médica: <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí					
Comienzo de cuidado prenatal:					
Número de embarazos anteriores:			Número de abortos anteriores:		
Indique si se produjo una de las siguientes complicaciones durante el embarazo:					
<input type="radio"/> Dificultad para quedarse embarazada	<input type="radio"/> Preeclamsia	<input type="radio"/> Aumento excesivo de peso			
<input type="radio"/> Sarampión	<input type="radio"/> Vómitos excesivos	<input type="radio"/> Rubeola			
<input type="radio"/> Hinchazón excesiva	<input type="radio"/> Problemas emocionales	<input type="radio"/> Sangrado Vaginal			
<input type="radio"/> Gripe	<input type="radio"/> Anemia	<input type="radio"/> Hipertensión Arterial			

<input type="radio"/> Eventos inductores de estrés	<input type="radio"/> Caídas	<input type="radio"/> Amenaza de aborto
<input type="radio"/> Infección intrauterina		

Alimentación durante el embarazo:

Consumo de alcohol: No Sí Cantidad: _____
 Consumo de tabaco: No Sí Cantidad: _____
 Otras sustancias tóxicas: No Sí Cantidad: _____

NACIMIENTO

Quando nació el niño, ¿Qué edad tenía la madre?

¿Qué edad tenía el padre?

¿Qué edad tenía la madre cuando tuvo su primer hijo?

¿Nació en un hospital? No Sí

Duración del embarazo (en semanas)

Peso al nacer _____ kg _____ Gr.
 Peso normal al nacer (> o = 2500 g)
 Muy bajo peso al nacer (<1500 g)

Duración del parto (en horas):

Puntuación APGAR:

Parto natural Cesárea

Describe porque fue cesárea:

Estado del niño al nacer

Estado de la madre:

Indique si se produjo alguna complicación durante el parto.

Sufrimiento fetal Anormalidades congénitas
 Cianosis
 Hiperbiluminemia

DESARROLLO

¿A qué edad hizo por primera vez el niño lo siguiente? POR FAVOR, INDIQUE LOS MESES O LOS AÑOS DE EDAD:

Sostener la cabeza _____	Darse la vuelta _____
Sentarse por sí mismo _____	Balbuceo _____
Gatear _____	Mostrar interés o sentirse atraído por sonidos _____
Ponerse de pie _____	Comprender las primeras palabras _____
Caminar por sí mismo _____	Decir las primeras palabras _____ Núm. de palabras a los 2 años _____
Subir/Bajar escalera _____	Hablar usando frases _____ Conjugación de palabras a los 2 años: _____ Conjugación de palabras a los 3 años: _____
¿Se crió con pecho? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	¿Cuándo fue destetado? _____
¿Se crió con biberón? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	¿Cuándo dejó el biberón? _____

¿A qué edad dejó de utilizar pañal/control de esfínteres?

Vesical _____

Anal _____

Control diurno_____
Control nocturno_____

¿Has sufrido el niño alguno de los siguientes problemas? EN CASO AFIRMATIVO, DESCRÍBALO.

Dificultad al caminar <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Poca claridad en el hablar <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Trastorno fonológico/Tartamudez/Disartria / Trastorno de la prosodia/Voz nasal
Problemas de bajo peso <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Problemas de sobrepeso <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Cólicos <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Problemas para dormir <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Sonambulismo/Terros nocturnos/Pesadillas/Insomnio/Hipersomnias/Síndrome de piernas inquietas Horario de sueño:
Trastornos alimenticios <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Desnutrición/ Sobrepeso-obesidad/ Falta de apetito/ Hiperfagia
Dificultad para andar en bicicleta <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Dificultad para saltar <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Dificultad para tirar atrapar pelotas <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	

HISTORIAL MÉDICO

Enfermedades o lesiones infantiles

POR FAVOR, MARQUE LAS ENFERMEDADES QUE HAYA TENIDO EL NIÑO, E INDIQUE LA EDAD (AÑOS/MESES).

<input type="radio"/> Sarampión	<input type="radio"/> Fiebre reumática
<input type="radio"/> Rubéola	<input type="radio"/> Difteria
<input type="radio"/> Paperas	<input type="radio"/> Meningitis
<input type="radio"/> Varicela	<input type="radio"/> Encefalitis
<input type="radio"/> Anemia	<input type="radio"/> Tuberculosis
<input type="radio"/> Tos ferina	<input type="radio"/> Fiebre superior a 40 °C
<input type="radio"/> Escarlatina	<input type="radio"/> Otra enfermedad grave u o operación

TRATAMIENTO MÉDICO ACTUAL

¿ Está tomando algún medicamento?: <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí Describe por cuánto tiempo y de qué tipo:	
---	--

INDIQUE SI EL NIÑO SUFRE ACTUALMENTE ALGUNO DE LOS SIGUIENTES PROBLEMAS Y SI ES ASÍ, INDIQUE CON QUE FRECUENCIA.

Músculo esqueléticos

Dolor muscular		Frecuencia:
----------------	--	-------------

	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Marcha torpe	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Mala postura	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Otros problemas musculares	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Neurológicos		
Ataques o convulsiones	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Defectos del habla	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Problemas de lectura (dislexia)	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Propensión a accidentes	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Se muerde las uñas	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Se chupa el dedo	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Rechina los dientes	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Tiene tics nerviosos	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Se golpea la cabeza	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Se mece	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
¿Mancha los pantalones o la cama?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
¿Ha tomado el niño medicamentos para aumentar su actividad?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
¿Ha tomado tranquilizantes?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Tiene dolores de cabeza frecuentes	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Ve luces brillantes	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Tiene mayor sensibilidad a los sonidos	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:
Ha perdido la sensibilidad en alguna parte de su cuerpo	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Especifique:
Tiene problemas visuales (p.ej. ve doble, borroso, o dificultades en el control del movimiento ocular)	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	Frecuencia:

INTERVENCIONES

¿Alguna vez ha recibido algún tratamiento?

No Sí: Estimulación temprana ___ Terapia de lenguaje ___ Terapia física ___ Ocupacional ___ Otra: _____

Duración de sesiones: _____

Describe: _____

¿Ha recibido el niño tratamiento psicológico alguna vez? No Sí

Tipo de tratamiento:

SALUD FAMILIAR

¿Ha sufrido algún miembro de la familia alguno de los siguientes problemas?

EN CASO AFIRMATIVO, ESPECIFIQUE LA RELACIÓN DE ESA PERSONA CON EL NIÑO. SI EL NIÑO NO VIVE CON SUS PADRES BIOLÓGICOS, INCLUYA SI ES POSIBLE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SALUD DE LOS MISMOS.	
<input type="radio"/> Cáncer	<input type="radio"/> Parálisis cerebral
<input type="radio"/> Diabetes	<input type="radio"/> Abuso de drogas o alcohol
<input type="radio"/> Enfermedad coronaria	<input type="radio"/> Síndrome de Landau-Kleffner
<input type="radio"/> Hipertensión arterial	<input type="radio"/> Depresión y/o ansiedad
<input type="radio"/> Migraña	<input type="radio"/> Retraso mental
<input type="radio"/> Esclerosis múltiple	<input type="radio"/> Ataques o epilepsia
<input type="radio"/> Enfermedades cerebrovasculares (Derrame)	<input type="radio"/> Problemas de lectura (dislexia)
<input type="radio"/> Enfermedad de Alzheimer	<input type="radio"/> Otros problemas de aprendizaje
<input type="radio"/> Hemofilia	<input type="radio"/> Problemas del habla o del lenguaje (especificar) Retardo del lenguaje Trastorno Específico del lenguaje Afasia Tartamudez Otro:
<input type="radio"/> Corea de Huntington	<input type="radio"/> Enfermedad de Parkinson
<input type="radio"/> Distrofia muscular	<input type="radio"/> Trastorno del Espectro Autista
<input type="radio"/> Síndrome de Tourette	<input type="radio"/> Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad
<input type="radio"/> Retraso global del desarrollo	<input type="radio"/> Sordera o discapacidad auditiva

¿Ha recibido alguien de la familia educación especial? No Sí

En caso afirmativo, ¿quién? _____

¿Qué tipo de educación?

HABILIDADES SOCIALES

Tiene problemas para relacionarse o jugar con otros niños No Sí

En caso afirmativo, descríbalos:

Se pelea frecuentemente con otros niños No Sí

Prefiere jugar con niños más pequeños No Sí

Le cuesta trabajo hacer amigos No Sí

Prefiere jugar solo No Sí

Le cuesta trabajo comprender lo que las otras personas expresan No Sí

Le cuesta trabajo comunicar lo que quiere expresar a otros

No Sí

¿Su hijo es capaz de entender cuando alguien está mintiendo? No Sí

¿Su hijo entiende la diferencia entre el juego y la realidad?

No Sí

ÁREA EMOCIONAL

¿Cuál es el estado de ánimo más frecuente de su hijo?

¿Durante sus primeros años de vida su niño tenía dificultades para expresar y/o reconocer sus emociones y expresiones de sí mismo y/o de otros? No Sí Explique _____

¿Considera que hay alguna situación familiar o escolar que esté afectando el estado de ánimo de su hijo en este momento? ¿Cuál? _____

¿Obedece con facilidad o se torna agresivo cuando se le pide que siga indicaciones?

AFICIONES E INTERESES

¿QUÉ ACTIVIDADES LE GUSTAN AL NIÑO?

¿Ha disminuido últimamente el interés el niño en particular en estas actividades? No Sí

En caso afirmativo, descríbalos _____

HISTORIAL ESCOLAR

Escolaridad _____ Años de educación completados _____

Educación preescolar, Kínder, estancia infantil y/o guardería

¿Asiste o asistió a una escuela privada? No Sí ¿A qué edad? _____

¿Ha mostrado algún problema? No Sí, descríbalos _____

Escuela Primaria

INDIQUE SI EL NIÑO HA VIVIDO ALGUNA DE LAS SIGUIENTES EXPERIENCIAS ESCOLARES:

Ha tenido que cambiar de colegio No Sí

En caso afirmativo, ¿cuándo y por qué? _____

Ha repetido algún curso escolar No Sí

En caso afirmativo, ¿cuándo y por qué? _____

Se ha saltado un curso escolar No Sí

En caso afirmativo, ¿cuándo y por qué? _____

Tiene dificultades de lectura No Sí

En caso afirmativo, describa _____

Tiene dificultades con las matemáticas No Sí

En caso afirmativo, describa _____

Obtiene malas notas No Sí

Anote el promedio general actual _____

¿Ha sido evaluado para adaptaciones curriculares o educación especial? No Sí

En caso afirmativo, ¿cuándo? _____

Actualmente va a clases de apoyo y refuerzo o de educación especial No Sí

En caso afirmativo, ¿qué tipo de clases? _____ Horas al día _____

Le molesta ir a la escuela <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí
Falta frecuentemente a la escuela <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí
En caso afirmativo, ¿por qué? _____
¿Cuánto le falta por terminar la primaria? _____
Le preocupa la calidad del colegio o de los profesores del niño <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí
En caso afirmativo, describa

HISTORIA FAMILIAR

¿Ha vivido el niño experiencias de separación, divorcio, o muerte de los padres No Sí

¿Qué edad tenía el niño en ese momento? _____

Familiograma

Anexo 4: Cuestionario de Índice de Nivel Socioeconómico Regla AMAI NSE 8X7



Instituto Nacional de Rehabilitación

CUESTIONARIO REGLA AMAI NSE 8X7

1. ¿Cuál es el total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? Por favor no incluya baños, medios baños, pasillos, patios y zotehuelas.

1	0
2	0
3	0
4	0
5	8
6	8
7 o más	14

2. ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar?

0	0
1	16
2	36
3	36
4 o más	52

3. ¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?

No tiene	0
Sí tiene	10

4. Contando todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techos, paredes y lámparas de buró o piso, dígame ¿cuántos focos tiene su vivienda?

0-5	0
6-10	15
11-15	27
16-20	32

21 o más	46
-----------------	----

5. ¿El piso de su hogar es predominante de tierra, o de cemento, o de algún otro tipo de acabado?

Tierra o cemento (firme de)	0
Otro tipo de material o acabo	11

6. ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tienen en su hogar?

0	0
1	32
2	41
3 o más	58

7. ¿En este hogar cuentan con estufa de gas o eléctrica?

No tiene	0
Sí tiene	20

8. Pensando en la persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar, ¿cuál fue el último año de estudios que completó? (espere respuesta, y pregunte) ¿Realizó otros estudios? (reclasificar en caso necesario).

No estudió	0
Primaria incompleta	0
Primaria completa	22
Secundaria incompleta	22
Secundaria completa	22
Carrera comercial	38
Carrera técnica	38
Preparatoria incompleta	38
Preparatoria completa	38
Licenciatura incompleta	52
Licenciatura completa	52
Diplomado o Maestría	72
Doctorado	72
No sabe/ no contestó	

Anexo 5: Folleto con los principales criterios de inclusión y fases del estudio



Subdirección de Investigación Biomédica
Audiología, Foniatría y Patología del Lenguaje
Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento
le invitan a participar en la investigación:
"Características electrofisiológicas y cognitivas de TEL"



**¿Te gustaría saber cómo es la actividad eléctrica cerebral de tu hijo? O
¿cómo se encuentra en habilidades como lenguaje y memoria?**

Participa en nuestro estudio y de manera **GRATUITA** le realizaremos:

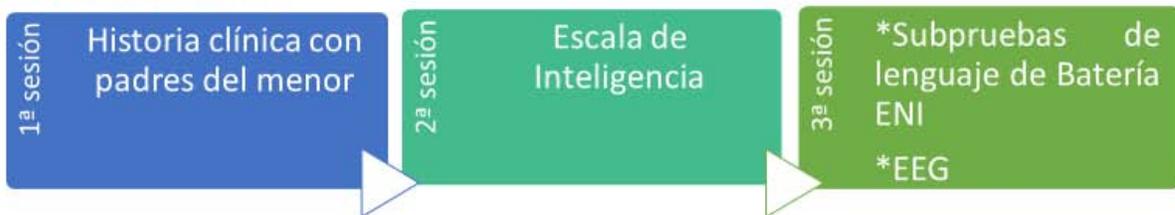
- Electroencefalograma (EEG)
- Evaluación neuropsicológica, que incluye Coeficiente Intelectual (CI)

REQUISITOS:

- ✓ Tener entre 5 y 7 años de edad
- ✓ No tener problemas auditivos y/o motores
- ✓ Disponibilidad para acudir al INR

- Ninguno de los procedimientos es invasivo o doloroso para el menor
- Toda información obtenida es confidencial y para fines de investigación

PROCEDIMIENTO



Para mayor información:



Mtra. Marlene Galicia Alvarado

magalicia@gmail.com

Laboratorio de EEG, 1º piso del Instituto Nacional de Rehabilitación.
Av. Méx Xomchililco No. 289 Col. Arenal de Gpe. C.P. 10241

Tel. 59991000 Ext. 13270

Psic Vania Morales García

m.van.vg@gmail.com 4425957442

Anexo 6: Relación entre potencia absoluta y desempeño lingüístico por subprueba

Tabla 1. *Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de theta.*

n= 20	F7		T3		T5		C3		F4		C4	
Subprueba	<i>rho</i>	<i>p</i>										
Notas musicales			-0.726	0.003	-0.455	0.044						
Sonidos ambientales											-0.612	0.004
Sílabas									0.542	0.014		
Designación de imágenes			0.450	0.047			0.487	0.029				
Comprensión del discurso	-0.528	0.017										
Síntesis fonémica			-0.458	0.042								
Conteo de sonidos			-0.547	0.013								
Deletreo			-0.453	0.045								

Tabla 2. *Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de alfa.*

n= 20	T3		FP2		F8		T6		F3		C3		P3		F4		P4	
Subprueba	<i>Rho</i>	<i>p</i>																
Notas musicales			0.532	0.016					0.453	0.045	0.493	0.027			0.575	0.008		
Sonidos ambientales	0.485	0.030																
Sílabas											0.453	0.045						
Palabras					0.443	0.050							0.539	0.014	0.450	0.046		
No palabras											0.752	0.000					0.454	0.044
Oraciones							0.482	0.031										
Síntesis fonémica									0.444	0.050	0.524	0.018						
Conteo de sonidos											0.511	0.021						
Deletreo											0.553	0.011						
Conteo de palabras											0.458	0.042						

Tabla 3. *Correlación de desempeño lingüístico y potencia absoluta de beta.*

n= 20	FP1		F7		T3		O1		FP2		F8		T4		F3		C3		P3		F4		P4		
	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	rho	p	
Sonidos ambientales					0.480	0.032										0.510	0.022	0.562	0.010				0.444	0.050	
Percepción fonémica															0.444	0.050						0.478	0.033		
Oraciones	0.502	0.024														0.589	0.006					0.467	0.038		
Denominación de imágenes			0.486	0.030							0.681	0.001	0.472	0.036											
Longitud de la expresión										0.444	0.050														
Designación de imágenes							-0.510	0.022																	
Comprensión del discurso										0.755	0.000														
Síntesis fonémica																		0.541	0.014						
Deletreo																		0.516	0.020						
Conteo de palabras																							0.451	0.046	

Anexo 7: Análisis con niños de 6 años de edad

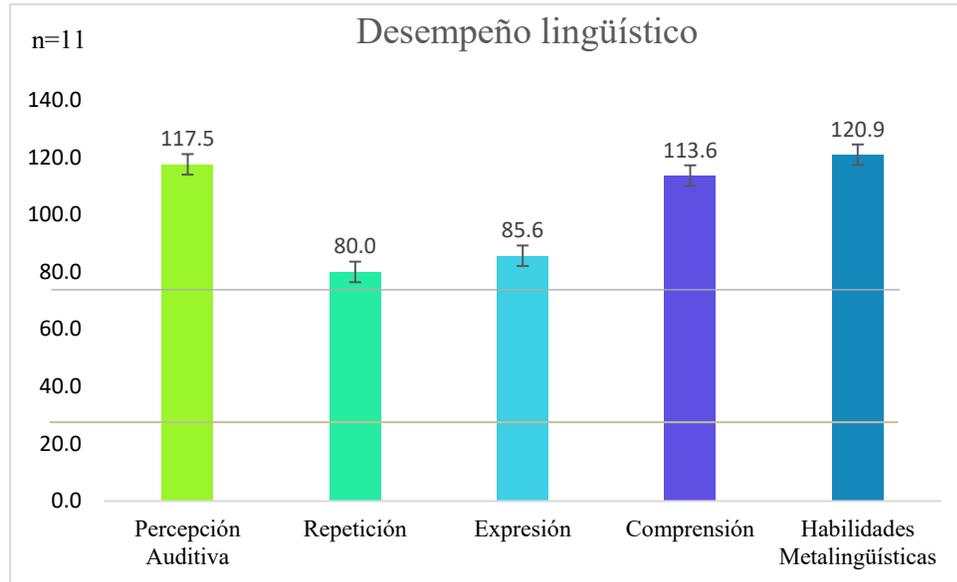


Figura 1. Resultados de desempeño lingüístico por subdominio

Nota: los datos son presentados en percentiles; las líneas horizontales representan el desempeño promedio, entre 25-75.

Tabla 4. Valores y diferencia entre condiciones para la banda theta ($\log \mu V^2/Hz$)

n=11	Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
		AE		EA		EA – AE		
		M	(DE)	M	(DE)	M	t	p
	Fp1	0.414	0.116	0.576	0.107	0.163	0.995	0.010
	F7	1.490	0.133	1.684	0.080	0.194	2.903	0.016
	T3	1.939	0.085	2.100	0.082	0.161	2.762	0.020
	T5	2.095	0.063	2.394	0.080	0.299	4.175	0.001
	O1	2.517	0.100	2.685	0.087	0.168	2.913	0.016
	Fp2	0.471	0.140	0.625	0.097	0.154	1.454	0.177
	F8	1.575	0.081	1.675	0.095	0.099	1.082	0.305
	T4	2.091	0.102	2.216	0.082	0.125	1.609	0.139
	T6	2.265	0.068	2.482	0.076	0.216	2.880	0.016
	O2	2.556	0.104	2.735	0.091	0.179	2.168	0.055
	F3	1.585	0.104	1.827	0.118	0.242	2.991	0.014
	C3	2.091	0.088	2.249	0.094	0.158	2.082	0.064
	P3	2.248	0.064	2.485	0.075	0.237	5.103	0.001
	F4	1.665	0.174	1.829	0.122	0.164	1.849	0.094
	C4	2.110	0.121	2.305	0.084	0.195	2.598	0.027
	P4	2.331	0.090	2.524	0.060	0.193	2.750	0.021

Tabla 5. Valores y diferencia entre condiciones para la banda alfa ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)

n=11 Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
	AE		EA		EA - AE		
	M	(DE)	M	(DE)	M	<i>t</i>	p
Fp1	0.352	0.128	0.419	0.126	0.067	0.973	0.353
F7	1.586	0.089	1.727	0.108	0.141	2.021	0.071
T3	2.075	0.063	2.172	0.107	0.097	1.562	0.149
T5	2.262	0.067	2.406	0.118	0.145	1.719	0.116
O1	2.632	0.103	2.794	0.133	0.162	3.107	0.011
Fp2	0.363	0.118	0.504	0.104	0.141	1.792	0.103
F8	1.457	0.063	1.650	0.087	0.193	4.023	0.002
T4	1.991	0.078	2.304	0.100	0.313	4.364	0.001
T6	2.239	0.069	2.515	0.111	0.276	3.820	0.003
O2	2.495	0.104	2.748	0.134	0.253	3.098	0.011
F3	1.579	0.111	1.623	0.112	0.044	0.655	0.527
C3	2.245	0.102	2.403	0.109	0.157	2.892	0.016
P3	2.530	0.074	2.667	0.136	0.137	2.116	0.060
F4	1.591	0.134	0.167	0.137	0.080	1.586	0.144
C4	2.233	0.111	2.384	0.083	0.151	2.552	0.029
P4	2.442	2.695	0.103	0.070	0.254	0.314	0.011

Tabla 6. Valores y diferencia entre condiciones para la banda beta ($\log \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)

n=11 Derivación	Condición				Diferencia entre condiciones		
	AE		EA		EA - AE		
	M	(DE)	M	(DE)	M	<i>t</i>	p
Fp1	1.145	0.150	1.175	0.158	0.031	0.547	0.596
F7	2.108	0.093	2.165	0.191	0.056	0.473	0.646
T3	2.475	0.122	2.443	0.195	0.033	0.409	0.691
T5	2.662	0.119	2.681	0.187	0.019	0.237	0.817
O1	3.166	0.157	3.255	0.260	0.088	0.730	0.482
Fp2	1.206	0.131	1.316	0.169	0.110	1.128	0.286
F8	2.035	0.089	2.046	0.108	0.011	0.158	0.878
T4	2.493	0.113	2.582	0.151	0.089	1.486	0.168
T6	2.725	0.110	2.795	0.177	0.071	0.862	0.409
O2	3.102	0.142	3.381	0.267	0.279	2.021	0.071
F3	2.010	0.096	2.021	0.115	0.011	0.186	0.857
C3	2.575	0.155	2.518	0.180	0.056	0.554	0.592
P3	2.892	0.141	2.845	0.228	0.046	0.398	0.699
F4	2.017	0.096	2.020	0.118	0.003	0.045	0.965
C4	2.534	0.143	2.498	0.175	-0.035	0.502	0.626

P4 2.921 0.148 2.922 0.212 0.001 0.009 0.993

Tabla 7. Valores y diferencias interhemisféricas ($\log \mu V^2/Hz$)

n= 11	Hemisferio				Diferencia entre hemisferios		
	Izquierdo		Derecho		M	t	p
Potencia	M	(DE)	M	(DE)	M		
AE							
Theta	1.7973	0.0818	1.8831	0.1003	-0.0857	-1.8103	0.1004
Alfa	1.9076	0.0771	1.8513	0.0821	0.0562	1.4386	0.1808
Beta	2.379	0.1112	2.379	0.104	-2.17	0	1
EA							
Theta	2	0.0696	2.048	0.0733	-0.0486	-1.4197	0.1861
Alfa	2.0263	0.0993	2.0588	0.08631	-0.0325	-0.7867	0.4497
Beta	2.3878	0.1637	2.445	0.1509	-0.0572	-1.069	0.3101
Diferencia							
Theta	0.2023	0.0305	0.1657	0.0628	0.0365	0.6778	0.5133
Alfa	0.1197	0.0404	0.2072	0.0458	-0.0875	-1.869	0.0912
Beta	0.0088	0.0692	0.0667	0.0601	-0.0578	-1.9049	0.0859

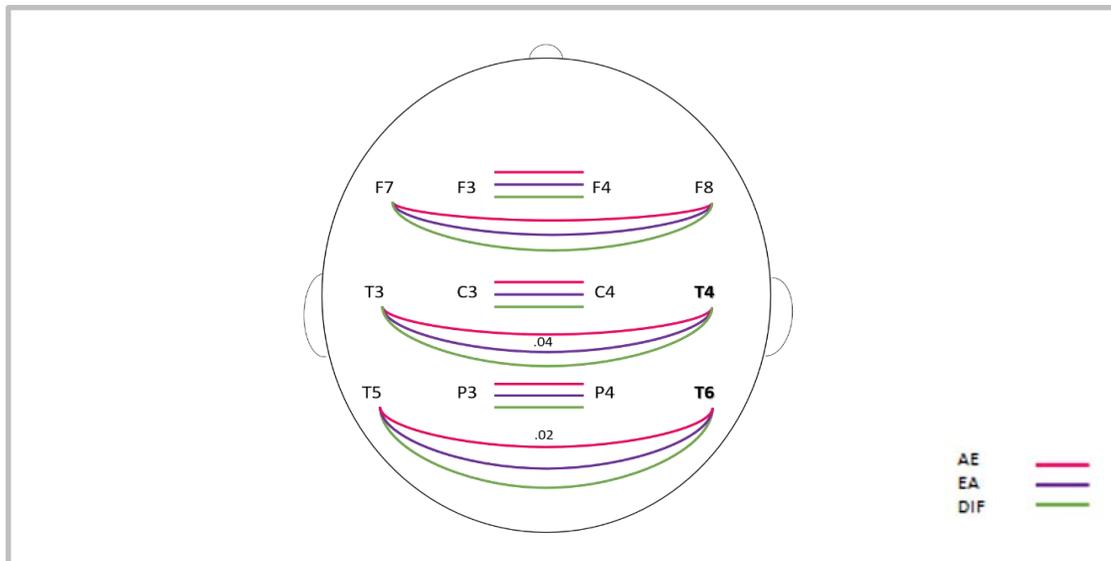


Figura 2. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda theta. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.

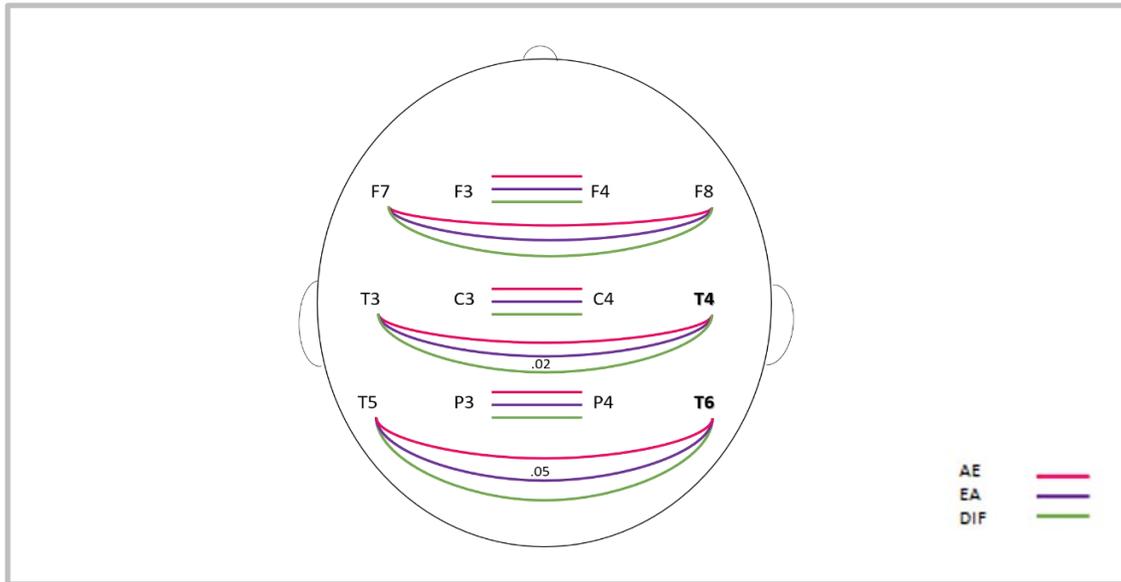


Figura 3. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda alfa. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.

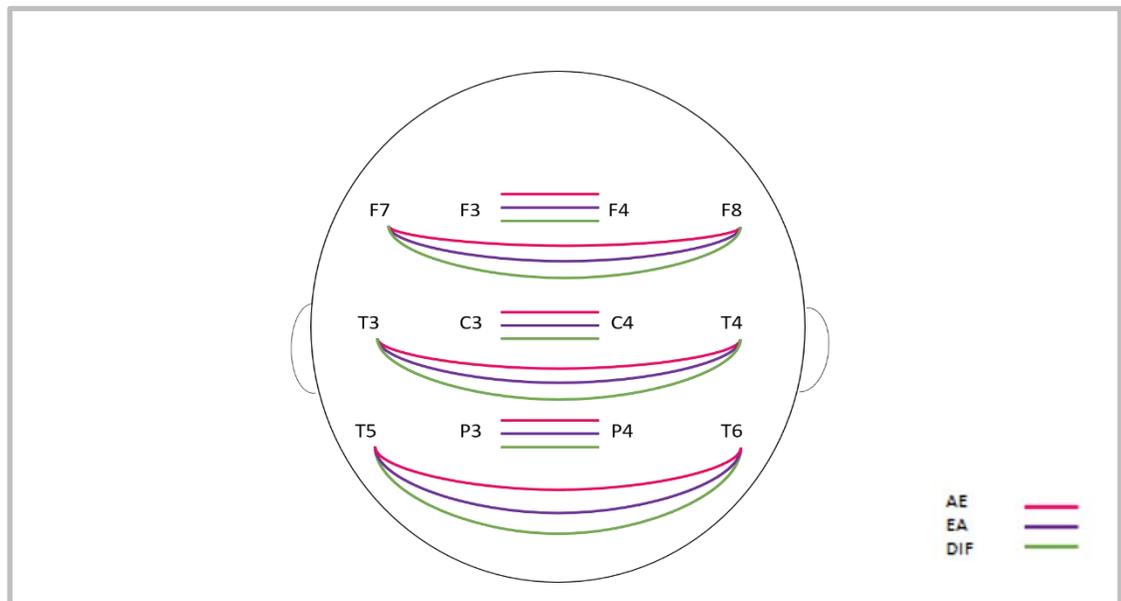


Figura 4. Comparación entre derivaciones homólogas para la banda beta. El resalte en negritas muestra la derivación que presentó significativamente mayor potencia absoluta. Actividad espontánea (AE) en rosa; Estimulación audioverbal (EA) en morado; Diferencia de Potencia (DIF) en verde.