



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA
RESIDENCIA EN NEUROPSICOLOGÍA CLÍNICA

CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS Y ELECTROFISIOLÓGICAS DE LA PERCEPCIÓN AUDITIVA DE NIÑOS CON TRASTORNO DEL DESARROLLO DEL LENGUAJE Y NIÑOS NORMOTÍPICOS

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:
NATALI LAGARDA BADILLA

TUTORA: DRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

REVISORA: DRA. ALICIA ELVIRA VÉLEZ GARCÍA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

TUTORA EXTERNA: MTRA. MARLENE ALEJANDRA GALICIA ALVARADO
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN "DR. LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA"

JURADO A: DRA. MAURA JAZMÍN RAMÍREZ FLORES
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

JURADO B: DRA. JUDITH SALVADOR CRUZ
FES ZARAGOZA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., AGOSTO DE 2021



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.

AGRADECMIENTOS

Al Programa de Maestría y Doctorado en Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de continuar mi formación profesional en la mejor institución del país, arropándome de azul y oro.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México, por brindarme los medios para la estancia en el posgrado y la realización de este trabajo.

A mis maestras y maestros durante el posgrado. A la Dra. Itzel Graciela Galán López, por compartir sus vastos conocimientos y valiosa experiencia clínica. Mi admiración entera.

Al personal del servicio de Neurofisiología del Instituto Nacional de Rehabilitación “Dr. Luis Guillermo Ibarra Ibarra”: a la Dra. Blanca Flores, la Tec. Ana Laura Sánchez Quezada y, en especial, a la Mtra. Marlene Alejandra Galicia Alvarado, por el maravilloso espacio de desafío, aprendizaje y crecimiento que fue mi hogar por dos años y que marcó un parteaguas en mi formación profesional. De igual forma a la Dra. en C. Jessica Cantillo Negrete, de la División de Investigación en Ingeniería Médica, y a la Dra. Paulina Concepción Murphy Ruiz, del Servicio de Patología del Lenguaje del mismo instituto, por su invaluable colaboración para la realización de este proyecto.

A colaboradores y estudiantes de licenciatura y posgrado de la Facultad de Psicología de la UNAM, de la Facultad de Psicología del TEC de Monterrey Campus Ciudad de México y del Departamento de Electrónica de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, quienes formaron parte del servicio de Neurofisiología, y cuyo trabajo y entusiasmo son pieza fundamental de este proyecto.

A la Dra. Itzel Graciela Galán López, Dra. Alicia Elvira Vélez García, Mtra. Marlene Alejandra Galicia Alvarado, Dra. Maura Jazmín Ramírez Flores y Dra. Judith Salvador Cruz, por sus valiosos comentarios en la construcción de este documento.

Con agradecimiento profundo a los niños, niñas y familias que participaron en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis padres por su inmenso amor, sabia guía y enorme apoyo durante todo este camino. Por las oportunidades que han construido y que me han permitido llegar aquí. Por su amor infinito e incondicional. Por nunca soltarme de la mano ni del corazón, aunque pasen los años y los kilómetros.

A mi hermana Paulina por la compañía, las risas, la motivación, las palabras amorosas y el espacio seguro. Por la fortuna de compartir este viaje y la esperanza del porvenir.

A mi familia en Sonora, por su apoyo siempre incondicional. A mi familia en Ciudad de México, Génesis y Carlos, por recibirme con los brazos abiertos.

A mis compañeras y compañeros de la Generación 2018: Arturo Arreguín Malagón, Diana Leticia Sifuentes Becerril, Elsa Mendoza Muñoz, Erica Lobato Ildelfonso, Florencia Rubio de Anda, Jezlía Hepsiba Alonso Sánchez, Leilani Carolina Nájera García y Manuel Alejandro Arroyo Landín. Por la diversión, la sincera amistad y el acompañamiento en este camino. Por ser mi hogar y mi familia durante más de dos años. Mi eterno agradecimiento, cariño y admiración.

A mi amiga y maestra la Dra. Denisse Danya Rodríguez Maldonado, porque esto empezó como un sueño en sus aulas. Por iniciar la llama, mantener el empuje y brindar inmenso apoyo durante todo este tiempo. Por el aprendizaje más allá del cerebro. Por la identificación, la validación y la sororidad. Mi profundo cariño.

A todas las personas que me han construido, que me sostienen y de las que formo parte.

A mi tierra del desierto.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| 1. ANTECEDENTES | 4 |
| 1.1 Percepción auditiva..... | 4 |
| 1.1.1 Desarrollo de la percepción auditiva..... | 4 |
| 1.1.2 Percepción auditiva y percepción del lenguaje | 7 |
| 1.1.3 Correlatos neuroanatómicos de la percepción auditiva del lenguaje | 9 |
| 1.1.4 Métodos de análisis de la percepción auditiva | 12 |
| 1.2 Trastorno del Desarrollo del Lenguaje | 21 |
| 1.2.1 Definición..... | 21 |
| 1.2.2 Hallazgos neuroanatómicos en TDL | 25 |
| 1.2.3 Hipótesis sobre TDL | 26 |
| 1.2.4 TDL y percepción auditiva: la hipótesis de déficit auditivo. | 27 |
| 1.2.5 Hallazgos EEG y TDL | 29 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 31 |
| 3. OBJETIVOS..... | 32 |
| 3.1 Objetivo general..... | 32 |
| 3.2 Objetivos específicos | 32 |
| 4. HIPÓTESIS | 32 |
| 5. MÉTODO..... | 33 |
| 5.1 Tipo y diseño de estudio | 33 |
| 5.2 Participantes y selección de la muestra..... | 33 |
| 5.3 Criterios de selección de los participantes | 34 |
| 5.4 Variables | 38 |
| 5.5 Instrumentos..... | 38 |
| 5.6 Escenario..... | 42 |
| 5.7 Procedimiento | 43 |
| 5.8 Análisis estadístico..... | 49 |
| 6. RESULTADOS..... | 51 |
| 6.1 Características generales de la muestra..... | 51 |

| | |
|--|------------|
| 6.2 Comparación del desempeño en percepción auditiva..... | 52 |
| 6.2.1 Comparación del desempeño en subpruebas de percepción auditiva: notas musicales, sonidos ambientales y percepción fonémica | 55 |
| 6.3 Comparación de índices ERD/ERS en banda theta derivaciones frontotemporales..... | 57 |
| 6.4 Relación entre el desempeño cognitivo en percepción auditiva y el índice ERD/ERS | 62 |
| 7. DISCUSIÓN..... | 69 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 80 |
| 9. LIMITACIONES Y APORTES..... | 81 |
| 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 85 |
| 11. APÉNDICES..... | 103 |

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Comparación de las características generales de los participantes de los grupos..... | 51 |
| Tabla 2. Comparación de las variables orgánsmicas de los participantes de los grupos..... | 52 |
| Tabla 3. Valores y contrastes entre grupos para el subdominio de Percepción auditiva y sus tareas..... | 56 |
| Tabla 4. Valores y contrastes entre grupos para el subdominio de Percepción auditiva cualificada y la tarea de Sonidos ambientales cualificada..... | 56 |
| Tabla 5. Diferencias en índice ERD/ERS entre grupos y condiciones para la banda theta..... | 58 |
| Tabla 6. Medias, medias ajustadas, desviaciones y errores estándar para los índices ERD/ERS tono de las derivaciones de interés por cada grupo..... | 59 |
| Tabla 7. Medias, medias ajustadas, desviaciones y errores estándar para los índices ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés por cada grupo..... | 59 |
| Tabla 8. Coeficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de Percepción auditiva y el índice ERD/ERS tono de las derivaciones de interés, para el grupo DNT..... | 63 |
| Tabla 9. Coeficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de Percepción auditiva y el índice ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés, para el grupo DNT..... | 64 |
| Tabla 10. Coeficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de Percepción auditiva y el índice ERD/ERS tono de las derivaciones de interés, para el grupo TDL..... | 66 |
| Tabla 11. Coeficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de Percepción auditiva y el índice ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés, para el grupo TDL..... | 67 |

Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Síntesis de hallazgos en desarrollo auditivo por grupos de edad..... | 5 |
| Figura 2. Modelo de doble ruta dual..... | 10 |

| | |
|--|----|
| Figura 3. Regiones y vías involucrados en el procesamiento lingüístico en el hemisferio izquierdo..... | 12 |
| Figura 4. Esquema de potenciales evocados auditivos..... | 14 |
| Figura 5. Modelo temporal de comprensión auditiva del lenguaje..... | 15 |
| Figura 6. Representación de la generación de actividad inducida (ERD/ERS) y evocada (PRE)..... | 17 |
| Figura 7. Frecuencia, categoría perceptual del sonido, características del habla y oscilaciones neuronales..... | 19 |
| Figura 8. Rutas paralelas de la vía dorsal..... | 21 |
| Figura 9. Necesidades del habla, lenguaje y comunicación..... | 22 |
| Figura 10. Algoritmo proceso de evaluación..... | 45 |
| Figura 11. Ventana temporal de estimulación auditiva..... | 46 |
| Figura 12. Paradigma de registro..... | 46 |
| Figura 13. Procedimiento completo reclutamiento, selección y evaluación de participantes de ambos grupos..... | 47 |
| Figura 14. Distribución de los participantes de ambos grupos por su rango de desempeño en el subdominio de Percepción auditiva..... | 53 |
| Figura 15. Diferencia de desempeño entre los grupos..... | 54 |
| Figura 16. Diferencias de desempeño entre los grupos en las subpruebas de Percepción auditiva..... | 57 |
| Figura 17. Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación F3..... | 60 |
| Figura 18. Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación F4..... | 61 |
| Figura 19. Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación Fz | 62 |
| Figura 20. Resumen de correlaciones lineales estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre el desempeño en las subpruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS de la banda theta, en el grupo DNT..... | 65 |
| Figura 21. Resumen de correlaciones lineales estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre el desempeño en las subpruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS de la banda theta, en el grupo TDL..... | 68 |

RESUMEN

Introducción: La percepción auditiva es una función sensoperceptiva compleja que culmina en la asignación de significado a un estímulo sonoro. La comunicación oral humana se asienta sobre las características fundamentales del sistema auditivo. Se ha propuesto que los niños con Trastorno del Desarrollo de Lenguaje (TDL) muestran alteraciones en la percepción auditiva, que podrían impactar en el desarrollo total del sistema lingüístico y cognitivo general, pero existe evidencia heterogénea al respecto. El objetivo general del presente estudio fue comparar la percepción auditiva lingüística y no-lingüística de niños con TDL y niños con desarrollo normotípico (DNT) mediante evaluación cognitiva y EEG.

Método: La muestra se constituyó por 32 niños entre 5.0-6.11 meses de edad, divididos en dos grupos (TDL:16; DNT:16). Se aplicaron subpruebas de Percepción Auditiva de la batería Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) y se registró la actividad electroencefalográfica durante estimulación auditiva lingüística y no-lingüística. Se utilizó índice de sincronización/desincronización (ERD/ERS), para la banda de frecuencia theta (4-8 Hz), en derivaciones frontales y temporales bihemisféricas (11 electrodos).

Resultados: La percepción auditiva medida a partir del desempeño en evaluación cognitiva mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de niños con DNT y con TDL, especialmente en las tareas de percepción fonémica. Al realizar un análisis tiempo-frecuencia, existen diferencias en las derivaciones involucradas y en la secuencia de activación entre los grupos, así como tiempo de respuesta tardío y mayor intensidad de respuesta en el grupo TDL. Al relacionar las tareas cognitivas con la estimulación auditiva durante el EEG, se encontraron patrones disimiles entre los grupos.

Conclusiones: Las diferencias encontradas en percepción auditiva permiten inferir que existe una menor eficiencia en los niños con TDL, tanto en aspectos lingüísticos como no-lingüísticos. El índice ERD/ERS mostró hallazgos contundentes en relación con un mayor tiempo de respuesta y regiones diferenciales involucradas en el procesamiento auditivo. Se sugiere una diferencia funcional o compensatoria del grupo TDL, especialmente en regiones frontales. Tanto la evaluación cognitiva como los hallazgos de EEG pueden coadyuvar en la caracterización funcional de la población.

Palabras clave: Percepción auditiva, Trastorno del Desarrollo del Lenguaje, EEG, índice de sincronización/desincronización (ERD/ERS).

La audición es uno de los sentidos más importantes por medio del cual hacemos contacto con el mundo que nos rodea (Henkel, 2018). La capacidad de percibir estímulos auditivos requiere del acceso a características básicas del sonido (frecuencia, tono, timbre e intensidad) y la detección de cambios en estas propiedades durante el tiempo, lo que permite la realización de tareas de alto orden como la formación de objetos auditivos, la comprensión del lenguaje o la percepción musical (López-Poveda, 2014). Por lo tanto, la percepción auditiva en el marco del desarrollo se constituye como una cuestión fundamental para la adquisición y consolidación del proceso de comunicación. En este sentido, el lenguaje oral retoma las funciones básicas del sistema auditivo para posibilitar la percepción lingüística categórica de los estímulos (Lotto & Holt, 2016; Poeppel, 2015).

El Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL) (*Developmental Language Disorder* -DLD- en la literatura anglosajona) es una afectación amplia y heterogénea del lenguaje caracterizada por dificultades en los niveles fonológico, morfosintáctico, lexical y, en ocasiones, pragmático del lenguaje (Bishop, Snowling, Thompson, Greenhalgh & CATALISE consortium, 2017) que se ha relacionado con alteraciones en percepción auditiva (Tallal & Piercy, 1973a; McArthur & Bishop, 2005; Kujala & Leminen, 2017). La naturaleza del déficit se desconoce. La evaluación neuropsicológica en conjunto con métodos de análisis electrofisiológico no explorados en esta población podría aportar al entendimiento de los déficits de los niños con TDL y abonar a los programas de intervención.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue comparar la percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, de niños con TDL y niños con desarrollo normotípico (DNT) mediante evaluación cognitiva y EEG, así como conocer la relación entre la actividad eléctrica cerebral en banda theta, registrada en derivaciones frontales y temporales y medida mediante índice ERD/ERS de EEG, con el desempeño en tareas de percepción auditiva.

Para lograr el objetivo propuesto, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: el primer capítulo establece las bases conceptuales y los antecedentes históricos, teóricos y metodológicos de los dos grandes tópicos de este trabajo.

En la primera parte, se discute el desarrollo de algunos hitos de la percepción auditiva, así como el vínculo existente entre la percepción de estímulos auditivos no-lingüísticos y aquellos de naturaleza puramente lingüística. A partir de este precedente, es posible revisar modelos

neuroanatómicos contemporáneos sobre la percepción auditiva del lenguaje y los principales métodos de análisis con los que se cuenta en este momento.

A continuación, en la segunda parte del primer capítulo, se discuten aspectos relevantes del Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL), como lo son su definición (que ha sido sujeto de constantes discusiones), los hallazgos neuroanatómicos y funcionales vinculados al trastorno, así como algunas de las hipótesis que tratan de explicar la naturaleza y características del TDL, ahondando en la hipótesis de déficit auditivo y los hallazgos existentes en relación con la actividad eléctrica cerebral en esta población.

En los siguientes tres capítulos, se exponen la justificación del presente trabajo, los objetivos (tanto general como específicos) y las hipótesis que guían el estudio, para posteriormente en el capítulo cinco realizar un recuento detallado de la metodología que se ha seguido para su planeación, elaboración y puesta en marcha. En este capítulo se retoma el tipo y diseño del estudio, los criterios para la selección de la muestra, las variables a estudiar y los instrumentos para la medición de dichas variables, así como el escenario, procedimientos y análisis estadístico realizado con los datos, con el objetivo de fomentar su replicabilidad.

En el capítulo seis, se presentan los resultados obtenidos. Inicialmente, se encuentran los hallazgos cuantitativos de la evaluación cognitiva, para posteriormente pasar a la comparación de índice ERD/ERS en banda theta entre grupos, en las derivaciones seleccionadas. Este capítulo cuenta con su complemento en el Apéndice K, donde se encuentra un análisis tiempo-frecuencia detallado.

Los resultados son discutidos ampliamente en los capítulos siete, ocho y nueve. Para este fin, se retoma la investigación actual disponible, se proponen nexos vinculantes entre la percepción auditiva y las características del TDL tanto en su carácter funcional como compensatorio, y se busca incluir las principales aportaciones, limitaciones y sugerencias del presente proyecto, especialmente en el terreno del campo aplicado.

En el capítulo 10 se encuentra el listado de referencias en extenso y, por último, en el capítulo 11 será posible encontrar una serie de apéndices con información complementaria que servirá para clarificar algunos aspectos de la logística, evaluación y resultados del presente trabajo.

1. ANTECEDENTES

1.1 Percepción auditiva

La audición, en conjunto con la visión, contribuye en manera significativa a la calidad de vida y a la adaptación al entorno (Henkel, 2018).

El receptor auditivo es un aparato adaptado para recibir ondas de sonidos que impactan en la membrana timpánica y transducen éstas en señales eléctricas al sistema nervioso central. Sin embargo, esto solo es la parte más periférica de un proceso complejo. Posteriormente, el sistema auditivo extrae información de los objetos auditivos, los agrupa, los segmenta y reconoce para construir perceptualmente un mundo auditivo que permite, en última instancia, la comunicación y el aprendizaje por esta vía (Litovsky, 2015).

En este sentido, los mecanismos periféricos realizan tareas de codificación del estímulo basado en propiedades temporales, espectrales y de intensidad. Posteriormente en regiones auditivas del sistema nervioso central, se llevan a cabo procesos de alto orden que analizan y sintetizan combinaciones complejas de propiedades del estímulo, añadiendo significado al mismo (López-Poveda, 2014).

La percepción auditiva es la capacidad cognitiva de interpretar y dar sentido a las sensaciones sonoras (Eggermont, 2019; López-Poveda, 2014). Esto sucede gracias a una compleja interacción entre atributos físicos del estímulo y la respuesta neural del organismo (Heald, Stephen & Nusbaum, 2017; Reznik & Mukamel, 2018). Por lo tanto, la percepción auditiva requiere la integridad del receptor, mecanismos de filtrado y selección que permitan la atenuación del ruido de fondo y el direccionamiento de los recursos cognitivos hacia el objetivo acústico, así como la reconstrucción de patrones de sonidos complejos en elementos reconocibles, funciones asociadas con regiones corticales (Carreiro, 2009).

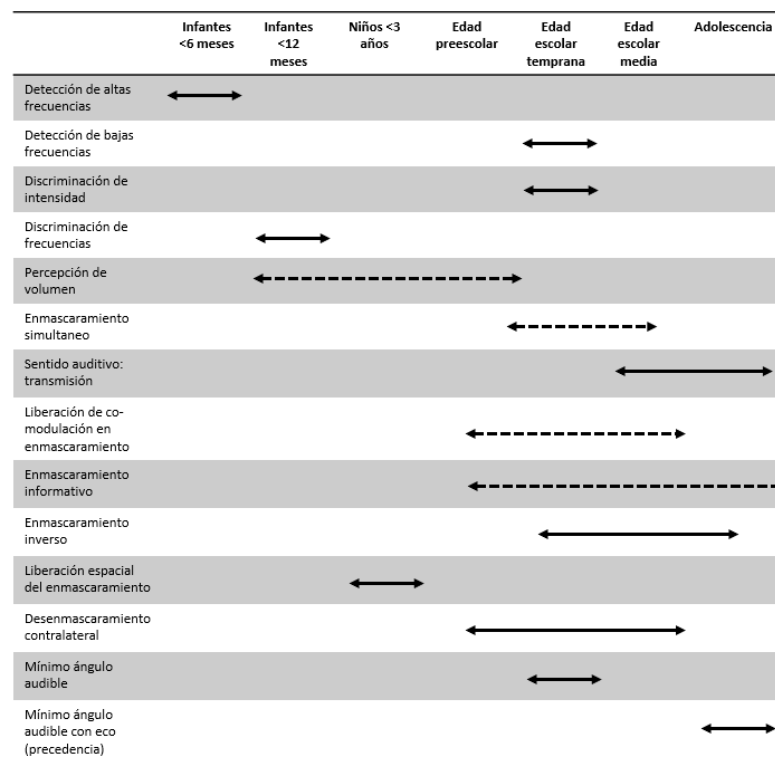
1.1.1 Desarrollo de la percepción auditiva

Los fetos humanos muestran respuestas conductuales ante la estimulación sonora en un momento tan temprano del desarrollo como lo son las 28 semanas de gestación (Birnholtz & Benacerraf, 1983), y se ha propuesto que la cadencia del llanto de los recién nacidos se correlaciona con la melodía de la lengua materna (Mampe, Friederici, Christophe & Wermke, 2009). Sin embargo, el término desarrollo auditivo hace referencia al hecho de que la percepción en esta modalidad se ve influenciada tanto por factores innatos y genéticamente

programados a partir de la anatomía y la fisiología, como por la combinación de estos con la experiencia auditiva medioambiental. En este sentido, se sabe que la exposición temprana al sonido moldea las funciones de procesamiento auditivo, por lo que las habilidades de audición emergen de manera escalonada durante diversos momentos de la vida postnatal (Litovsky, 2015) terminando en la adolescencia (López-Poveda, 2014). Lo anterior da como resultado que distintos componentes de la percepción auditiva alcancen un nivel adulto de madurez en diferentes tiempos (Litovsky, 2015; López-Poveda, 2014) (figura 1), mostrando cambios nuevamente en las últimas décadas de la vida, durante el proceso de envejecimiento (Eggermont, 2019).

Figura 1

Síntesis de hallazgos en desarrollo auditivo por grupos de edad



Nota: las líneas continuas muestran el rango de edad en el cual la habilidad perceptual se ha observado con un nivel máximo de madurez. Las líneas discontinuas muestran la edad en las cuales se sabe que la habilidad perceptual ha alcanzado cierto nivel de madurez, pero se requieren mayores investigaciones. Tomado y traducido de Litovsky (2015).

Durante los primeros meses de vida, la habilidad de detectar sonidos es menos sensible que en los adultos (Buss, Hall & Grose, 2009; Moore, Ferguson, Halliday & Riley, 2008).

Cierta habilidad para detectar cambios de frecuencia y tono se ha observado desde la etapa fetal (Novitski et al., 2007) sin embargo, los niveles de desempeño son más pobres en niños que en adultos. Se cree que aspectos tanto atencionales (Moore et al., 2008) como cambios maduraciones importantes en el sistema auditivo que suceden en la etapa escolar, pueden estar tras estas diferencias.

La discriminación de diferencias en intensidad entre dos sonidos se desarrolla de alguna manera durante la infancia pero los estudios no son homogéneos y la tendencia no es tan fuerte como la observada en el desarrollo de discriminación de frecuencias (López-Poveda, 2014).

La habilidad de detectar cambios en la duración de un sonido parece no mostrar diferencias significativas durante el desarrollo cuando se utilizan técnicas electrofisiológicas de medición (Kushnerenko et al., 2001). Sin embargo, mediante técnicas conductuales se ha observado que el desempeño mejora entre los 4 y 6 años, adquiriendo un nivel de desempeño que se observa en la adultez, entre los 8 y 10 años (Elfenbein et al., 1993), probablemente por la interacción con otras funciones cognitivas como atención y control inhibitorio que impactan aspectos perceptuales.

La habilidad para discriminar cambios en la distribución de la energía acústica sobre la frecuencia, la cual conforma la cualidad del sonido o timbre, se ve involucrada en el reconocimiento de sonidos ambientales familiares, como fonemas o notas musicales (Moore, 2009). Desde las 33 semanas de vida postnatal, los infantes pueden realizar tareas de discriminación de timbres en un nivel adulto, aunque de manera poco eficiente. Se observan mejoras sustanciales en aspectos de eficiencia en la discriminación de timbres de fonemas entre los 4 y 9 años (Allen & Wightman, 1992).

El volumen es el percepto auditivo más relacionado con la intensidad del sonido. Dado que es un elemento sumamente subjetivo, su medición es complicada (López-Poveda, 2014). Los niños entre 4 y 12 años muestran una sensibilidad similar a la de los adultos para el volumen en sonidos de banda estrecha, centrados entre los 500 y 2000 Hz (Serpanos & Gravel, 2000; 2004), aunque no así para otras bandas de frecuencia, lo que sugiere que los infantes tienen un rango más estrecho de audición que los adultos.

El procesamiento temporal es la habilidad de detectar cambios en la amplitud de los sonidos en el tiempo (Buss et al., 2012). Es un aspecto crucial para la detección y discriminación del objeto auditivo, dada la naturaleza rápida y dinámica de los mismos, especialmente cuando los estímulos son de naturaleza lingüística (López-Poveda, 2014). En este sentido, existen cambios en enmascaramiento proactivo y retroactivo (fenómenos que ocurren cuando un sonido o señal no puede ser percibida debido a la presencia de un sonido que lo precede, en el caso del primero, o lo antecede, en el caso del segundo) debido a una baja eficiencia en el procesamiento (Hill et al., 2004) producto de inmadurez de las estructuras neurales al nacimiento (Buss et al., 1999), alcanzando niveles adultos cerca de los 11 años. Por otra parte, parece estar bien establecido que los niños tienen una resolución temporal más baja que los adultos, desarrollándose durante los primeros 6 meses de vida, pero estableciéndose hasta los 10 años (López-Poveda, 2014).

El seguimiento de cambios rápidos en el tono del sonido en el tiempo (procesamiento de estructura temporal fina) parece encontrarse en un nivel de funcionamiento adulto para los 5 años, especialmente en aquellos relacionados con la discriminación de sonidos de la lengua (Bertoncini, Serniclaes & Lorenzi, 2009).

En general, la literatura coincide en que las propiedades fundamentales del sonido son adecuadamente codificadas para los 6 meses de edad (Litovsky, 2015; López-Poveda, 2014) (Fig. 1), en consistencia con estudios fisiológicos que indican que el receptor auditivo se encuentra totalmente maduro a los pocos meses de vida postnatal. Sin embargo, el nivel de desempeño adulto en todas las tareas y dimensiones mencionadas, no se alcanza sino hasta el inicio de la adolescencia. Las razones son inciertas. Se cree que niveles bajos de desarrollo de otras funciones cognitivas (como atención, memoria, control inhibitorio y motivación) podrían dar cuenta de estos resultados a partir de la incidencia de los mismos en aspectos perceptuales auditivos por medio de mecanismos *top-down*, más que por factores ligados a la inmadurez del sistema auditivo propiamente (Buss, Hall & Grose, 2012) o por procesos de maduración central (López-Poveda, 2014).

1.1.2 Percepción auditiva y percepción del lenguaje

El desarrollo auditivo es importante en el contexto del logro de una percepción sensorial que permita la interacción y el aprendizaje en un mundo auditivo con un cúmulo de estímulos ambientales complejos. De estos sonidos complejos, el lenguaje es quizás el más importante

dado su rol crítico en la comunicación, el aprendizaje y la dinámica social humana (Pasley, Flinker & Knight, 2015).

El lenguaje oral humano se basa en la producción de distintos sonidos mediante la alteración del aparato fonarticulador, el cual incluye la lengua, los dientes, labios, laringe y caja torácica, que se asienta y estructura sobre la base de las características operativas fundamentales del sistema auditivo (Pasley et al., 2015). La percepción del lenguaje es un reconocimiento de patrones complejos en el cual la información acústica es codificada y perceptualmente discriminada en el contexto comunicativo (Lotto & Holt, 2016).

El término de “percepción del lenguaje” se utiliza de manera indiscriminada en una variedad de contextos, incluso como equivalente de “comprensión de lenguaje”. Sin embargo, existen diferencias fundamentales entre ambos términos. La percepción del lenguaje solo es uno de los subdominios de la comprensión lingüística. Esta última, se compone de un conjunto de manejos lingüísticos que se inician con un input auditivo (lingüístico), un input visual (texto o signo) o somatosensorial (Braille) (Poeppel, 2015).

La percepción de lenguaje, por lo tanto, se refiere al conjunto de operaciones necesarias para la transformación de la señal auditiva (nivel de análisis prelexical) en representaciones de forma que contacte con información lingüística internamente almacenada (percepción categórica i.e. lexicón) (Hickok & Poeppel, 2007; Poeppel, 2015).

De acuerdo con Pasley y colaboradores (2015), desde la lingüística, la unidad individual de sonido del lenguaje, asociada con una consonante o vocal, se denomina fono. Los fonos, se organizan en grupos de sonidos que comparten características en el lugar y forma de articulación y, por lo tanto, propiedades acústicas del sonido producido. En condiciones normales, las propiedades acústicas específicas asociadas con la organización fonética de la lengua se encuentran bien representadas en los mecanismos neurales del sistema auditivo humano (Pasley et al., 2015). Por ejemplo, los sonidos consonánticos involucran una constricción del tracto vocal, organizadas en diferentes formas de articulación que se relaciona con cómo ocurre esta constricción (Pasley et al., 2015). Es así como los sonidos son distinguidos a partir del lugar o punto de articulación y si existe o no vibración de cuerdas vocales (sordo/sonoro).

Actualmente, constituye un debate en la literatura el hecho de si el lenguaje es procesado por estructuras neuronales especializadas o si utiliza las mismas estructuras auditivas no-específicas necesarias para la percepción de otros estímulos (Shamma & Micheyl, 2010). A pesar de esto, es claro que tanto los estímulos auditivos lingüísticos como los no-lingüísticos utilizan la misma vía sensorial hasta áreas auditivas primarias de la corteza auditiva donde se inicia el procesamiento de alto orden. Además, no existe alguna propiedad acústica que sea exclusiva del lenguaje y que lo defina, sino que se forma a partir de una combinación de propiedades acústicas que emergen del sistema auditivo no-específico y de las posibilidades del sistema articulatorio (Pasley et al., 2015).

Lo que sí es característico del lenguaje oral es que este se da en un rango de frecuencia particular, entre los 100 y 8000 Hz, con una estructura espectral pronunciada en intervalos de 1–1.2 kHz, variaciones en el tiempo, cambios de frecuencia correspondientes a las transiciones y ráfagas de energía irregular (Gervain & Geffen, 2019). Las dimensiones temporales del lenguaje oral incluyen tanto variaciones rápidas de presión que determinan el contenido espectral (estructura fina) y la envoltura (o *envelope* por su nombre en inglés) de esta estructura en tanto aumenta y disminuye en tasas lentas (modulación temporal) lo que corresponde a la tasa de fonemas y claves prosódicas (Pasley et al., 2015).

1.1.3 Correlatos neuroanatómicos de la percepción auditiva del lenguaje

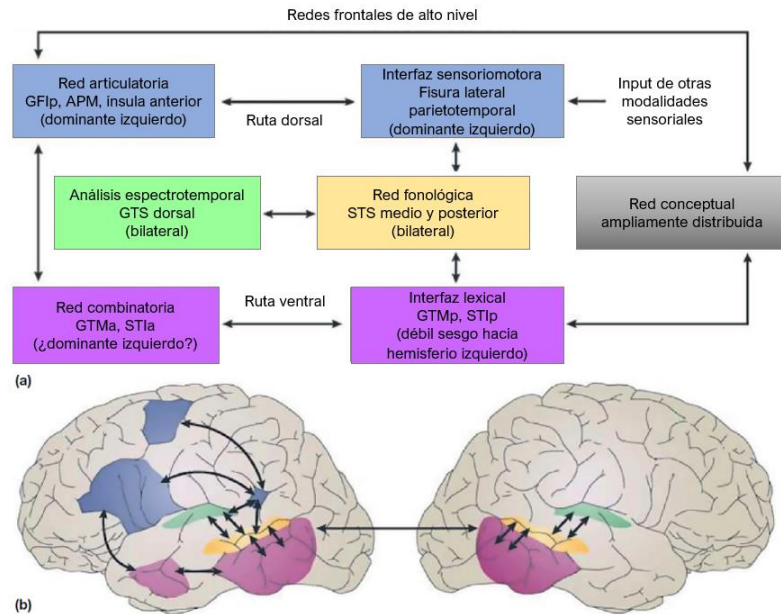
De manera contundente se ha contemplado que el giro temporal superior posterior bilateral (GTSP-b) juega un papel crítico en el análisis de los sonidos de la lengua, posiblemente involucrada en el análisis fonético categorial rápido (Hickok & Poeppel, 2007), aunque no es la única área involucrada en este proceso (Poeppel, 2015).

La investigación sobre las propiedades acústicas del lenguaje se ha orientado, desde observar diferencias espectrales entre estímulos y su codificación diferencial, hacia aproximaciones más basadas en propiedades temporales que resaltan características de la envoltura de la señal acústica o la modulación del espectro, lo que da cuenta de múltiples fenómenos perceptuales en paralelo (Poeppel, 2015).

El modelo más utilizado actualmente desde las neurociencias, por la integración entre aspectos cognitivos y de neuroimagen, refiere que existen dos rutas para el procesamiento de la información lingüística (Hickok & Poeppel, 2007) (figura 2).

Figura 2

Modelo de doble ruta



Nota: A) El procesamiento lingüístico a nivel fonológico involucra el surco temporal superior bilateral, aunque con un sesgo hacia el hemisferio izquierdo. El sistema se divide en dos rutas: una vía dorsal (azul) y una vía ventral (rosa). (b) Localizaciones anatómicas aproximadas. Verde: análisis espectral temporal; amarillo: procesamiento a nivel fonológico; rosa: vía ventral; azul: vía dorsal. aITS, surco temporal inferior anterior; aMTG, giro temporal medial anterior; pIFG, giro frontal inferior posterior; PM, corteza premotora. Tomado y traducido de Poeppel (2015).

El modelo de doble ruta de Hickok y Poeppel (2007), apunta a que las propiedades espectral-temporales de la señal acústica aferente se analizan en áreas dorsales y posteriores del giro temporal superior (GTS) y del surco temporal superior (STS). El procesamiento más temprano se realiza de manera bilateral, aunque ambos hemisferios cuentan con especializaciones importantes que contribuyen al proceso perceptual y de reconocimiento. Hipotéticamente, se cree que dos vías emergen desde la región temporal superior encargada del análisis espectral-temporal temprano. La primera, es una vía ventral que se extiende hacia el giro temporal medial (GTM), el surco temporal inferior y el giro temporal inferior. Funcionalmente, esta vía estaría involucrada en el mapeo desde las propiedades sensoriales y fonológicas del

estímulo hacia representaciones léxico-semánticas y conceptuales, y podría estar representada bilateralmente (Hickok & Poeppel, 2000, 2004, 2007). Por otro lado, una vía más dorsal, incluye áreas parietotemporales perisilvianas, así como el giro frontal inferior, la ínsula anterior y la corteza premotora. Funcionalmente, esta vía estaría involucrada en la creación de representaciones motoras y articulatorias. Se cree que se encuentra mayormente lateralizada hacia el hemisferio especializado en el procesamiento lingüístico, generalmente el izquierdo (Hickok & Poeppel, 2007).

Funcionalmente, ambas rutas funcionan como interfaces para el procesamiento lingüístico, siendo la vía dorsal una interfaz sensoriomotora para la generación de formas secuenciales durante el lenguaje oral, mientras que la vía ventral funciona como una interfaz conceptual-intencional para la construcción de inferencias y razonamiento a partir del significado semántico del discurso (Friederici, Chomsky, Berwick, Moro & Bolhuis, 2017).

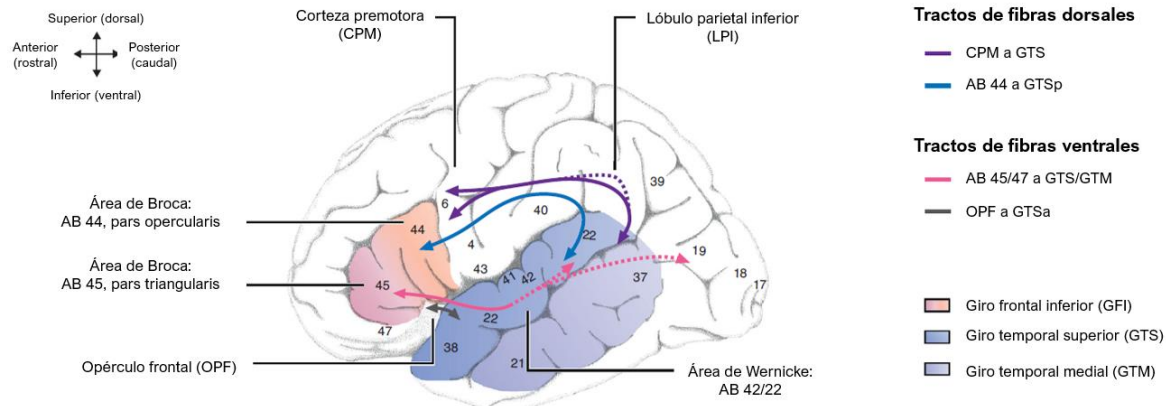
La vía dorsal, inicia en la parte superior del giro temporal superior (figura 3). Como ya se comentó, el giro temporal superior tiene un papel relevante en el procesamiento de estímulos acústicos con diferentes tasas neurales de frecuencia de disparo que muestrean sílabas y fonemas (Arnal, Poeppel & Giraud, 2016; Friederici et al., 2017) lo que permite el reconocimiento de las características fonéticas durante la percepción del habla y de entidades fonológicas definidas lingüísticamente tales como fonemas (Hickok & Poeppel, 2007;2004). La vía dorsal también involucra regiones corticales frontales (BA 44), filogenéticamente más recientes y que se relacionan con el procesamiento sintáctico (Friederici, 2018)

El desarrollo funcional normal de la red lingüística está en función de su desarrollo estructural (Friederici, 2011). Los niños desarrollan el lenguaje de manera especialmente rápida independientemente de las características específicas de la lengua materna (Friederici et al., 2017). Sin embargo, poco se sabe acerca del desarrollo del procesamiento lingüístico y auditivo del lenguaje, ya que los modelos con los que se cuenta actualmente se basan en hallazgos neurocognitivos en población adulta. Al respecto de la funcionalidad madura de los tractos involucrados en la extensa red de lenguaje, esta depende de procesos de mielinización, como parte esencial para la transmisión eficiente de impulsos eléctricos (Friederici et al., 2017). Son especialmente relevantes los tractos que conectan la corteza temporal superior posterior con el giro frontal inferior (BA 44) los cuales representan la coordinación de áreas sensoriomotoras. Aunque estas áreas se encuentran funcionando desde una edad temprana, el funcionamiento

eficiente que permita la comprensión de lenguaje se da de manera lenta durante el desarrollo (Friederici, 2019).

Figura 3

Regiones y vías involucradas en el procesamiento lingüístico en el hemisferio izquierdo



Nota: a partir de la propuesta de Hickok y Poeppel (2007), se ha propuesto la existencia de dos tractos de fibras para cada una de las rutas originalmente propuestas. Tomado y traducido de Friederici (2018).

Ambas rutas lingüísticas, relacionadas con el aprendizaje lexical y la fonología (Hickok & Poeppel, 2007) se observan funcionando desde edades tempranas. Sin embargo, el desarrollo sintáctico depende de procesos de mielinización de la fibra dorsal dirigida hacia el giro frontal inferior (BA 44) (Friederici, 2012) vía que se encuentra desarrollada entre los 7 y 10 años de edad (Friederici, 2011; 2015). Antes de esta edad, no se observa una especialización clara de regiones que permitan la segregación neural de los procesos (Friederici, 2011)

1.1.4 Métodos de análisis de la percepción auditiva

A pesar del extenso conocimiento disponible acerca del procesamiento de estímulos auditivos en las primeras fases de la vía auditiva, el proceso que implica la formación perceptual auditiva y sus mecanismos neuronales subyacentes es bastante desconocido (Destoky et al., 2019; Hickok & Poeppel, 2007; Joos, Gilles, Heyning, Ridder & Vanneste, 2014), especialmente en el marco del desarrollo funcional en la niñez (Vanvooren, Hofmann, Poelmans, Ghesqui & Wouters, 2015).

Mientras que las características auditivas más simples se procesan en áreas de bajo nivel, conforme la información asciende al sistema nervioso central se llevan a cabo computaciones progresivamente más complejas. Se cree que la organización cortical del sistema auditivo humano que permite la percepción ha sido medida de manera insuficiente (Barton & Brewer, 2016).

La percepción lingüística tiene un curso temporal rápido y preciso que permea tanto los aspectos impresivos como expresivos (Friederici, 2011). Los estudios de imagen, especialmente de resonancia magnética funcional (fRM) presentan una desventaja importante en el estudio de las bases cerebrales del procesamiento lingüístico: no proveen una resolución temporal suficiente para capturar cambios cruciales en la dimensión temporal del procesamiento lingüístico general y en el auditivo en particular (Friederici, 2011). Debido a lo anterior, los métodos electrofisiológicos han ganado terreno en la investigación de componentes perceptuales, especialmente auditivos.

El electroencefalograma (EEG) permite la observación y registro de la actividad eléctrica rítmica y sincrónica de grandes grupos neuronales de manera no invasiva (Baltus & Siegfried, 2016) por lo que ha sido utilizado consistentemente en la literatura para la observación de procesos perceptuales, especialmente visuales y auditivos (Vanvooren et al., 2015). La alta resolución temporal de esta técnica permite el estudio de los componentes perceptuales del lenguaje en tiempo real (Destoky et al., 2019).

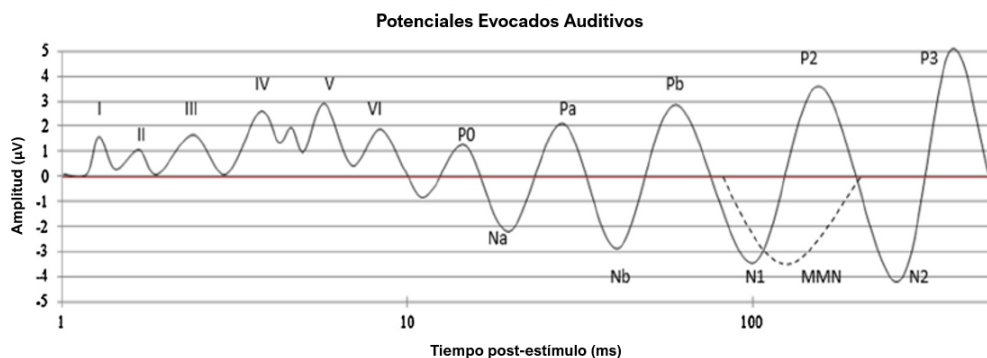
Al respecto, se han utilizado principalmente Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) como técnica electrofisiológica que, por medio de EEG, permite la observación de correlatos de actividad neuronal relacionada con un estímulo externo (Joos et al., 2014). Los Potenciales Evocados Auditivos (PEA) son una subclase de PRE utilizados para observar respuestas neuronales dependientes de un estímulo auditivo (Haesen, Boets & Wagemans, 2011). Estas se observan en múltiples áreas corticales, en distintos momentos y mapean el transcurso del estímulo sensorial por la vía auditiva hasta regiones corticales. Se dividen en componentes de latencia corta o temprana, media y larga o tardía (Haesen et al., 2011) (figura 4).

Como puede observarse en la figura 4, los PEA tempranos están constituidos por seis ondas que reflejan el paso del estímulo sensorial auditivo por la cóclea y el tallo cerebral, transcurso que sucede durante los primeros 10 ms tras la presentación del estímulo (Joos et al., 2014).

Posteriormente, se observan cinco picos de actividad eléctrica (véase P0, Na, Pa, Nb y Pb), los cuales son respuestas que se generan entre los 10 y 50 ms, y que reflejan el procesamiento ascendente del estímulo, desde el último núcleo del tallo cerebral hasta regiones subyacentes a la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal (Haesen et al., 2011).

Figura 4

Esquema de potenciales evocados auditivos



Nota: se muestran potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (ondas I-VI), respuestas auditivas de latencia media (P0-Pb) y respuestas auditivas de latencia tardía (N100-P300). Tomado y traducido de Joos et al., (2014).

Por último, se han descrito componentes más complejos que se ubican como respuestas auditivas de latencia tardía y que reflejan el procesamiento cortical del estímulo, a partir de los 150 ms tras la presentación de este. Se cree que estos componentes reflejan aspectos cognitivos de percepción auditiva (Joos et al., 2014). Se ha observado que los componentes tempranos reflejan procesamiento de modalidad específica, en este caso auditiva, mientras que los componentes corticales más tardíos son más dependientes de las características de la tarea para su aparición y observación (Haesen et al., 2011).

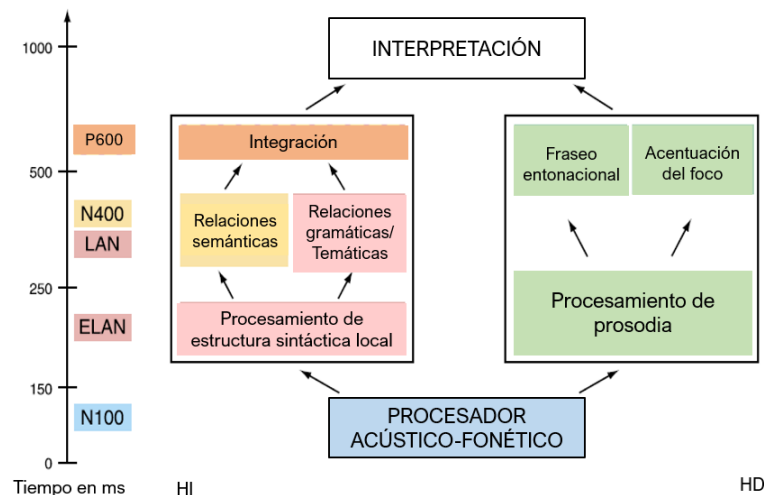
Entre los componentes tardíos se encuentran P50, N100, N1-P2, *Mismatch Negativity* (MMN por sus siglas en inglés) y P300. Los componentes N1, P1, M50, M100 se han relacionado con procesamiento cortical de sonido, discriminación acústica y fonémica (Bishop, Hardiman, Uwer & Suchodoletz, 2007). El componente MMN se vincula con discriminación de sonido y

refleja una detección automática entre cambios de sonido, comparando las señales eléctricas cerebrales provocadas por un sonido estándar y las provocadas por un sonido distinto (Winkler et al., 2009). El procesamiento atencional de alto nivel se ha estudiado por medio del componente P3 y el procesamiento semántico de alto nivel con N4 (Haesen et al., 2011; Joos et al., 2014) (figura 5).

Tanto el N100 como la MMN se ha encontrado topográficamente cercanas a la corteza auditiva primaria sugiriéndose que la percepción de estos estímulos sucede en etapas tempranas de la ruta de percepción auditiva del lenguaje (Friederici, 2011) (figura 5).

Figura 5

Modelo temporal de comprensión auditiva del lenguaje



Nota: el procesamiento acústico, fonético y fonológico sucede durante los primeros 150 ms y cuenta con una representación bilateral en la corteza auditiva. Tomado y traducido de Friederici (2011).

Con respecto a los estímulos utilizados, la mayoría de las mediciones de audición de bajo nivel se realizan utilizando tonos puros y ruido (Litovsky, 2015). Los estudios sobre percepción fonémica han utilizado tradicionalmente estímulos como fonemas unitarios o sílabas (Naatanen & Alho, 1997; Phillips, 2001; Stevens, Paulsen, Yasen, Mitsunaga & Neville, 2012; Winkler,

Horváth, Weisz & Trejo, 2009). En condiciones normales, los niveles de procesamiento auditivo lingüístico y no-lingüístico se presentan como actividad cerebral diferenciada (Stevens et al., 2012). De igual manera, el nivel de procesamiento fonémico y silábico también muestra diferencias (Dehaene-Lambertz, Dupoux, & Gput, 2000; Phillips et al., 2000)

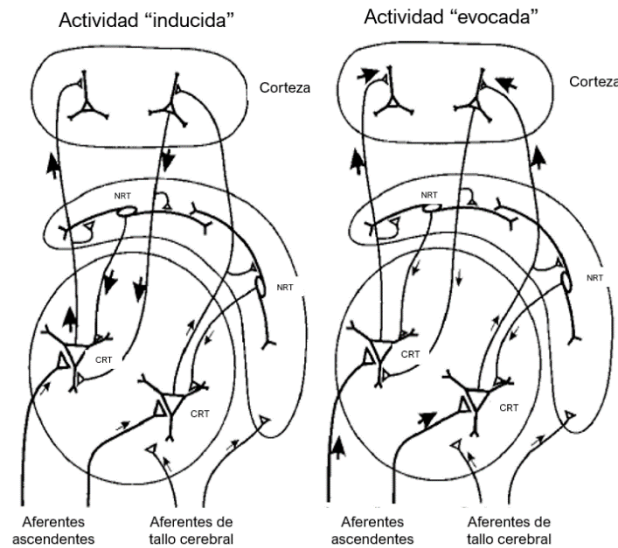
Sin embargo, los PEA no han sido suficientes para caracterizar el procesamiento de información sensorial auditiva (Pfurtscheller & Lopes, 1999; Tallon-Baudry & Bertrand, 1999) debido a que, si bien proveen un análisis detallado en la dimensión temporal, no permite conocer los rangos de frecuencia en los que se realizan dichos procesos y no vierten luz respecto a las operaciones paralelas que se llevan a cabo (Tóth, Kocsis, Urbán & Winkler, 2016) lo cual es de especial relevancia en la percepción lingüística. Tampoco permite dilucidar de manera más fina los mecanismos complejos que soportan las modificaciones al momento de percibir auditivamente el lenguaje, debido a que el propio procedimiento requiere de la suma de latencia y amplitud a través del espacio, la frecuencia, la fase y la magnitud (Musacchia et al., 2017).

Una aproximación distinta al estudio de la percepción auditiva podría ser la actividad inducida (Pfurtscheller, 2001; Pfurtscheller & Lopes, 1999; Tallon-Baudry & Bertrand, 1999), definida como la respuesta cerebral, específica de una banda de frecuencia, observada *time-locked* pero no *phase-locked* al estímulo presentado, y que es evidente en el análisis tiempo-frecuencia de la señal (Hosseini, Bell, Wang & Simpson, 2015). Mientras que se cree que el disparo sincrónico de grupos neuronales en respuesta a estímulos es la base de la respuesta evocada, la respuesta inducida se relacionan más con procesos de alto orden no directamente causados por el estímulo, sino por interacciones indirectas de neuronas locales tras este (David, Kilner & Friston, 2006; Pfurtscheller & Lopes, 1999) a partir de cambios en los parámetros que controlan dichas redes neuronales oscilatorias (figura 6). La actividad inducida se observa como un decremento (desincronización relacionada a evento o ERD por sus siglas en inglés *event-related desynchronization*) o incremento (sincronización relacionada a evento o ERS por sus siglas en inglés *event-related synchronization*) de la potencia en una banda de frecuencia específica (Pfurtscheller & Lopes, 1999) y se interpreta como un decremento o incremento en la sincronía de la red neuronal subyacente.

Por lo anterior, se ha propuesto que la respuesta inducida puede ser vinculada con funciones cognitivas más complejas como lo es la percepción (Hosseini et al., 2015).

Figura 6

Representación de la generación de actividad inducida (ERD/ERS) y evocada (PRE)



Nota: TCR: Células talámicas de relevo; RER: Núcleo retículo-talámico. Tomado y traducido de Pfurtscheller & Lopes da Silva (1999).

Como se mencionó anteriormente la actividad inducida es una respuesta observada en una banda de frecuencia específica. Las oscilaciones cerebrales se dividen normalmente en algunos rangos de frecuencia: delta (<4 Hz), theta (4.-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz) y gamma (>30 Hz) (Mai, Minett & Wang, 2016). Neuronalmente, el cerebro responde selectivamente a inputs sensoriales en frecuencias específicas o en combinaciones de estas (Hutcheon & Yarom, 2000). En este sentido, el lenguaje es una señal auditiva que se considera “sintonizada” con las capacidades originales del sistema auditivo, pero también con la actividad oscilatoria cerebral (Gervain & Geffen, 2019).

Las oscilaciones neuronales están involucradas en el funcionamiento perceptual y cognitivo (Ghitza, 2011; Giraud & Poeppel, 2012). De acuerdo con Buzsáki y Draguhn (2004) el estudio de las oscilaciones rítmicas en el marco de las diferentes bandas de frecuencia se vincula con la actividad neural de distintos ensambles celulares y, por lo tanto, provee información sobre el procesamiento cognitivo. Las oscilaciones rítmicas cerebrales se consideran una especie de

marcapasos cerebral que, en el caso de la percepción (Buzsáki, 2006), cumplen un rol fundamental en la detección y decodificación de los estímulos (Baltus & Siegfried, 2016). En el caso de los estímulos auditivos, esto sucede a partir de la fragmentación de los componentes cuasi-rítmicos (Park et al., 2015) del input lingüístico en unidades con significado (Giraud & Poeppel, 2012; Guenther & Hickok, 2015).

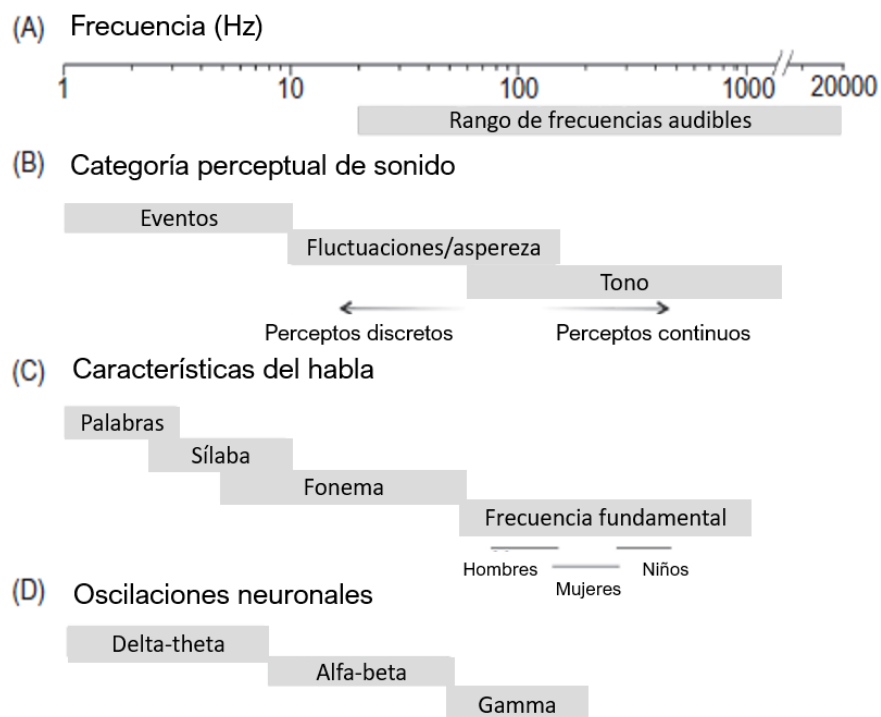
El Modelo de Escalas Temporales Múltiples (en inglés *Multiple Time-Scale Model*) argumenta que la interacción oscilatoria en paralelo de distintas bandas de frecuencia permite el procesamiento auditivo de estímulos lingüísticos en distintas escalas temporales que se corresponden con unidades lingüísticas (Ghitza, 2012; Giraud & Poeppel, 2012). En este sentido, las oscilaciones menores a 50 Hz ofrecen información relevante, ya que caracterizan las tasas rítmicas temporales del lenguaje (Vanvooren et al., 2015).

La banda de frecuencia theta (θ 4-8 Hz) se ha asociado con funciones como memoria de trabajo (Albouy, Baillet, Zatorre, Baillet & Zatorre, 2017), memoria a largo plazo, codificación mnésica (Crivelli-Decker, Hsieh, Clarke & Ranganath, 2018) y navegación espacial (Berens & Horner, 2017). Sin embargo, durante tareas de percepción auditiva lingüística, el ritmo theta se observa en áreas secundarias de la corteza auditiva (Vanvooren et al., 2015) y existe evidencia creciente de que la banda theta juega un rol fundamental en el procesamiento y decodificación auditiva lingüística (Baltus & Siegfried, 2016; Destoky et al., 2019; Gervain & Geffen, 2019; Ghitza, 2011; Giraud & Poeppel, 2012; Liberto et al., 2015; Park et al., 2015; Arnal, Poeppel & Giraud, 2016), especialmente a partir de una importante correspondencia con la duración media de sílabas (250 ms) (Ghitza, 2011) (figura 7). Ghitza (2011) afirma que el oscilador theta es guía en una serie de mecanismos que se disparan durante la percepción auditiva lingüística a partir de que se sincroniza con el ritmo del estímulo auditivo aferente y sintoniza, a su vez, a los osciladores de otras bandas de frecuencia (especialmente beta).

Otros autores (Giraud & Poeppel, 2012) afirman que la actividad theta es crucial para la percepción lingüística ya que puede seguir la señal auditiva aferente a partir de mecanismos de inicio, arrastre y rastreo en fase de la misma.

Figura 7

Relación entre rangos de frecuencia, percepción de sonido y oscilaciones neuronales



Nota: (A) Escala de modulación temporal percibida. (B) Parámetros psicofísicos relevantes (cambios perceptuales) del espectrograma reflejan la restricción que se superpone en la estructura de señales lingüísticas. (C) Estructura temporal de características lingüísticas. (D) La longitud de las características lingüísticas embona con la frecuencia de oscilaciones de la actividad eléctrica cerebral. Modificado de Arnal, Poeppel y Giraud (2016).

En la niñez, la actividad theta se constituye como un ritmo predominante que decrementa en función de la edad debido a cambios madurativos relacionados con la reducción en el volumen de materia gris (Vanvooren et al., 2015), observándose como una disminución en la amplitud de la banda.

La posible disfunción de mecanismos oscilatorios, se hipotetiza que especialmente en bandas de baja frecuencia como theta, podría relacionarse con alteraciones del lenguaje como el TDL (Giraud & Poeppel, 2012). Esto podría dar cuenta del mosaico de funcionamiento cognitivo y

lingüístico de los niños con TDL, en el marco de un desarrollo alterado del análisis auditivo lingüístico, pero en ausencia de un déficit auditivo clínicamente significativo.

También se ha mencionado que las bandas de frecuencia beta (15-30 Hz) y gamma (γ >30 Hz) estarían involucradas en el procesamiento de aspectos temporalmente más rápidos, como las características fonéticas del lenguaje (fonos y brechas inter-estímulo) las cuales tienen una duración de entre 20 y 50 ms (Baltus & Siegfried, 2016) vinculado con áreas primarias de la corteza auditiva (Vanvooren et al., 2015), y la banda delta (δ <3 Hz) se asociaría con secuencias de sílabas y palabras en frases con componentes suprasegmentales (prosodia y entonación) con duración entre 500 y 2000 ms (Ghitza, 2011; Giraud & Poeppel, 2012). En este sentido, existe una relación inversa entre la frecuencia del estímulo y la frecuencia de la oscilación cerebral (Vanvooren et al., 2015).

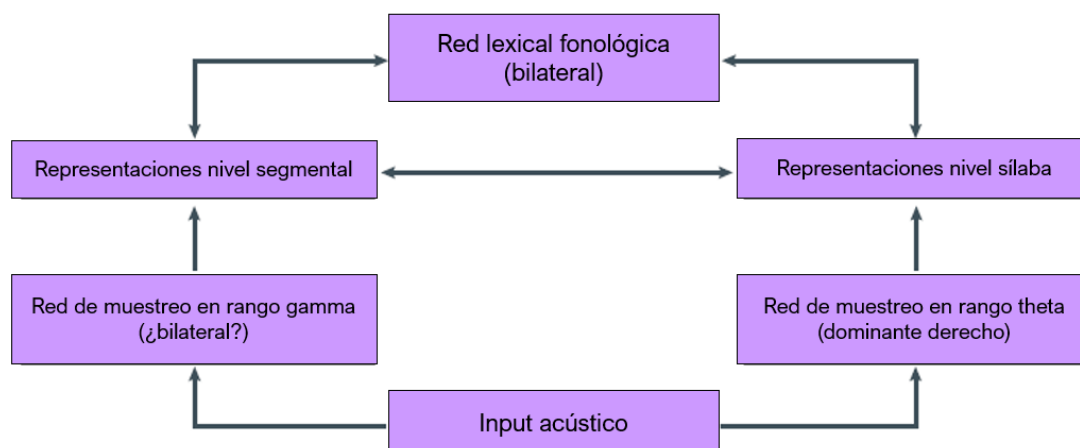
A partir del modelo de doble ruta de Hickok y Poeppel (2007) se ha establecido que la función general de la vía dorsal consiste en el mapeo de la señal acústica en representaciones articulatorias por medio de una interfaz sensoriomotora. Se cree que en esta vía, que involucra regiones posteriores del lóbulo frontal en interacción con regiones dorsales y superiores del lóbulo temporal y del opérculo parietal predominantemente del hemisferio izquierdo, recae principalmente la percepción auditiva lingüística y que es fundamental para el desarrollo normal del lenguaje (Hickok & Poeppel, 2007) ya que brinda retroalimentación sensorial auditiva a los componentes motores del lenguaje para que el sonido se produzca y reproduzca de manera precisa. En este sentido, el desarrollo del lenguaje parece ser una función primaria y crucial del circuito de integración auditivo-motor de la vía dorsal (Hickok & Poeppel, 2007).

También es en esta ruta donde tendría lugar la integración de información en distintas escalas temporales, una en una tasa de muestreo en theta y otra en gamma, a partir de un procesamiento simultáneo pero paralelo (figura 8) que permite la formación de representaciones lexicales fonológicas (Guenther & Hickok, 2015; Hickok & Poeppel, 2007). Estas frecuencias de muestreo estarían lateralmente diferenciadas.

La existencia de respuestas cerebrales ante la detección de cambios en estímulos, no necesariamente refleja que estos estímulos sean relevantes perceptualmente o que su percepción pueda detectarse mediante pruebas conductuales (López-Poveda, 2014). Por esto, las pruebas conductuales continúan siendo parte fundamental de la investigación en percepción auditiva.

Figura 8

Rutas paralelas de la vía dorsal



Nota: tomado y traducido de Hickok y Poeppel (2007).

1.2 Trastorno del Desarrollo del Lenguaje

1.2.1 Definición

El Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL) (*Developmental Language Disorder -DLD-* en la literatura anglosajona) es un trastorno ubicado dentro de la categoría de trastornos del habla, el lenguaje y la comunicación (figura 9). Ha sido utilizado para referirse a una afectación amplia y heterogénea del lenguaje caracterizada por dificultades en los niveles fonológico, morfosintáctico, lexical y, en ocasiones, pragmático del lenguaje (Bishop, Snowling, Thompson, Greenhalgh & CATALISE-2, 2017). Estos problemas se presentan en el marco del desarrollo, tanto en la esfera expresiva como comprensiva, y contrastan con el desempeño relativamente típico en otros procesos cognitivos, aunque este último criterio se encuentra cada vez más descartado (Tomas & Vissers, 2019).

La *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA por sus siglas en inglés) (1980), define al TDL como “la anormal adquisición, comprensión o expresión del lenguaje hablado o escrito. El problema puede implicar a todos, uno o algunos de los componentes fonológico, morfológico, semántico, sintáctico o pragmático del sistema lingüístico...”. Lingüísticamente,

las características observadas se encuentran en función de la lengua (Jackson-Maldonado, 2011), pero consisten en problemas durante la expresión (errores fonológicos, bajo léxico, errores morfológicos, sintaxis de inapropiada longitud y complejidad con respecto a la edad cronológica y dificultades en el acceso lexical) así como problemas receptivos (dificultad para la comprensión de palabras u oraciones) (Parisse & Maillart, 2009), siendo el componente morfosintáctico el más comprometido (Andreu, Aguado, Cardona & Sanz-Torrent, 2014).

Figura 9

Relación entre términos diagnósticos en la categoría de necesidades del habla, lenguaje y comunicación



Nota: tomado y traducido de Bishop et al. (2017).

Su aparición se ha vinculado con factores de riesgo tanto biológicos como ambientales (Bishop, 2006). Entre ellos, los más mencionados son los antecedentes heredofamiliares de trastornos del lenguaje o aprendizaje (especialmente dislexia), sexo masculino, ser el hijo menor y bajo nivel de escolaridad parental (Rudolph, 2017) especialmente en la línea paterna (Tomblin, Smith & Zhang, 1997). La carga genética puede ser tan importante que, si existe un miembro de la familia con TDL, existe hasta un 25% de probabilidad de que otro miembro de la familia también se vea afectado (Parisse & Maillart, 2009).

La prevalencia a nivel mundial se estima en torno al 7% durante la edad preescolar (Tomblin et al., 1997; Leonard, 1998) pero esto se encuentra en función de los criterios diagnósticos variando entre un 3 y 10% (Bishop et al., 2017; Fresneda & Mendoza, 2005; Tomas & Vissers, 2019). La mayoría de los estudios epidemiológicos y de caracterización se han llevado a cabo en países de habla inglesa, especialmente Estados Unidos (Jackson-Maldonado, 2011).

La incidencia es mayor en el sexo masculino que en el femenino, hablándose de un ratio de 3 hombres por cada mujer (Andreu et al., 2014). En México no se cuenta con datos certeros al respecto, pero se cree que la prevalencia replica los datos a nivel mundial (Jackson-Maldonado, 2011; Roa, 2016).

Aunque la existencia de trastornos de lenguaje durante el desarrollo se ha venido reportando en la literatura desde la década de 1960 (Benton, 1963), el término para referirse a estos como entidad diagnóstica no ha estado lejos de la discusión. Anteriormente se habían utilizado términos como alalia, *audiomudez*, sordera verbal congénita o afasia evolutiva (Fresneda & Mendoza, 2005). A partir de la década de 1980, el término prevalente en la literatura fue el de Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) (*Specific Language Impairment -SLI-* por sus siglas en inglés) especialmente en la literatura anglosajona, mientras que en países de influencia francófona se ha utilizado el término disfasia (Mendoza, 2012).

El cambio conceptual ha sido lento pero contundente, especialmente a partir de que se ha puesto en duda la especificidad lingüística del trastorno (supuesto retomado del estudio de la afasia en adultos) (Fresneda & Mendoza, 2005) y a que se han encontrado trastornos comórbidos concurrentes que van desde limitaciones cognitivas, sensoriomotrices y conductuales (Bishop et al., 2017).

Existe poco acuerdo entre los criterios utilizados para la detección del TDL (Bishop, Snowling, Thompson, Greenhalgh & CATALISE Consortium, 2016). Los primeros en proponer una definición de corte operacional para el TDL fueron Stark y Tallal (1981) quienes tomaron en cuenta una serie de requisitos tales como el nivel auditivo de 25 dB en la frecuencia de 250 a 6.000 Hz, y de 25 dB en reconocimiento de palabras; la ausencia de alteraciones conductuales y emocionales; un nivel intelectual normal (CI superior a 85); la ausencia de alteraciones a nivel de sistema nervioso; habilidades motrices del habla normales; y, nivel lector normal (en caso de que el niño haya iniciado el aprendizaje formal de la lectura).

Tras más de 30 años, estos criterios han cambiado poco. Actualmente, los criterios para el diagnóstico del TDL son principalmente de exclusión, especificidad, discrepancia y evolución (Parisse & Maillart, 2009). Los criterios de exclusión se ubican en el entendido de que el trastorno no puede ser atribuible a otra causa; los de especificidad hacen alusión a que se asume normalidad en el desarrollo de otros dominios cognitivos excepto el lenguaje; el criterio de discrepancia busca una diferencia significativa entre el desempeño en tareas lingüísticas y no-lingüísticas, que no se corresponde con la edad cronológica del niño; y el de evolución, asume que la problemática se presenta de manera duradera y, aun con el tratamiento adecuado, tiende a persistir cierto nivel de ella (Fresneda & Mendoza, 2005). Los criterios de exclusión son los más importantes hasta el momento para la detección del TDL (Bishop et al., 2016).

De manera actual, Bishop y colaboradores (2017) han reunido la opinión de diversos expertos en el tema y han propuesto que la definición y diagnóstico del trastorno se realice en base a tres aspectos fundamentales: 1) la ausencia de condiciones biomédicas diferenciadoras; 2) la existencia de factores de riesgo; y, 3) la posibilidad de que se presenten condiciones concurrentes o comórbidas.

De manera paralela al trastorno lingüístico, es común observar comorbilidades que incluyen Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), Trastorno de la Coordinación Motora, problemas de lectoescritura, limitaciones en la conducta adaptativa y trastornos emocionales (Bishop et al., 2017).

En un mediano plazo, los problemas de ajuste socioemocional y para la adquisición de la lectoescritura no desaparecen, condicionando el logro académico (Bishop et al., 2017), lo que en ocasiones desemboca en un diagnóstico de dislexia (Tomas & Vissers, 2019), generando desafíos funcionales a largo plazo. En un estudio longitudinal (Snowling, Bishop, Stothard, Chipchase & Kaplan, 2006), se realizó un seguimiento durante 15 años a niños con trastornos del lenguaje en aspectos de ajuste psicosocial. La severidad y persistencia de las dificultades del lenguaje se correlacionó con problemas atencionales y de ajuste social. En otro estudio de 20 años de seguimiento a niños con y sin trastornos del lenguaje, los adultos con historia de problemas de este tipo mostraron peores resultados en dominios de comunicación, cognición, logro académico y estado ocupacional en comparación con sus pares con desarrollo típico (Johnson, Beitchman & Brownlie, 2010). Por último, Elbro, Dalby y Maarbjerg (2011) realizaron un seguimiento de 30 años a niños con antecedentes de trastorno de lenguaje,

encontrando mayores dificultades para la lectura, mayor desempleo y estatus socioeconómico inferior que sus pares.

1.2.2 Hallazgos neuroanatómicos en TDL

Neuroanatómicamente, el TDL se ha relacionado con diferencias estructurales y funcionales cerebrales en áreas vinculadas con el procesamiento lingüístico expresivo y receptivo (Badcock, Bishop, Hardiman, Barry & Watkins, 2012), lateralización anormal en áreas relevantes para el lenguaje (de Guibert et al., 2011) especialmente del giro temporal superior *planum temporale* (Leonard et al., 2002), conectividad deficiente de vías de materia blanca relacionadas con el procesamiento lingüístico y desarrollo anormal de las mismas (Vydrova et al., 2015) así como diferencias en los componentes neurofisiológicos vinculados con el procesamiento auditivo (Bishop, Hardiman & Barry, 2010; Bishop, Hardiman, Uwer & Suchodoletz, 2007). Las anomalías estructurales también se han reportado en la corteza frontal inferior izquierda (Badcock et al., 2012), la cual forma parte de la vía dorsal del modelo de ruta dual (Hickok & Poeppel, 2007). No se tienen claros los aspectos funcionales de las áreas frontales en niños con TDL, principalmente porque se carece de estudios en niños normotípico que permitan hacer una comparación prudente partiendo de una línea base de normalidad (Pariße & Maillart, 2009).

Desde los primeros reportes respecto a la neurobiología del TDL, se encontraron de manera consistente asimetrías en regiones perisilvianas (Webster & Shevell, 2004), especialmente del *planum temporale* (Herbert et al., 2005; Friederici & Gierhan, 2013; Price, 2012; Dick, Bernal & Tremblay, 2013). Badcock y colaboradores (2012) han reportado la presencia de una menor cantidad de cuerpos neuronales en el surco temporal superior bilateral, así como hipoactividad en esta área vinculada con el procesamiento auditivo de componentes segmentales y suprasegmentales del lenguaje, como la segregación e identificación de patrones de sonidos a partir de las características espectrotemporales de los estímulos acústicos (Friederici, 2006). Además, existe evidencia creciente acerca de una posible especialización cerebral atípica para el manejo de información lingüística en estos niños (Badcock et al., 2012; Bishop et al., 2014; Brown et al., 2014; de Guibert et al., 2011) que tiende a ser bilateral o preferentemente hacia el hemisferio derecho, hallazgos que se han observado también en el desarrollo anormal de vías de materia blanca involucradas en niños con TDL, especialmente del fascículo longitudinal superior e inferior (Vydrova et al., 2015) que comunican áreas temporales y frontales.

Las diferencias anatómicas y funcionales en regiones del lóbulo temporal, especialmente izquierdo, pudieran ser parte del cuadro que acompaña la organización funcional anormal de la percepción del lenguaje. Sin embargo, es importante no perder de vista que se han encontrado anomalías funcionales en sitios subcorticales iniciales de la vía auditiva, como los núcleos auditivos del tallo cerebral, probablemente por una reorganización de la modulación de las vías corticofugales (Basu et al, 2010). Hasta el momento no existen reportes al respecto del estado funcional de otras estructuras relevantes de la vía auditiva, como los colículos inferiores y el tálamo.

1.2.3 Hipótesis sobre TDL

Las causas del TDL son desconocidas (Parisse & Maillart, 2009; Petersen & Gardner, 2011; Tomas & Vissers, 2019) pero se han propuesto varias hipótesis sobre los mecanismos subyacentes que conforman al trastorno. Estas hipótesis se agrupan en dos grandes enfoques: el enfoque lingüístico (Andreu et al., 2014) y el enfoque de procesamiento general (Petersen & Gardner, 2011).

El enfoque lingüístico plantea la existencia de un déficit específico en módulos relacionados con el aprendizaje del lenguaje, particularmente en aspectos morfosintáctico (van der Lely & Howard, 1993; van der Lely, Rosen & McClelland, 1998). Entre ellos están los que hablan de un déficit en las categorías funcionales, en marcas gramaticales de concordancia, en las reglas gramaticales implícitas, déficit en la representación de relaciones dependientes o de un periodo extenso del infinitivo opcional (Petersen & Gardner, 2011)

El enfoque de procesamiento sostiene que los problemas lingüísticos son resultado de un déficit de procesamiento cognitivo subyacente. De acuerdo con Bishop (1992) puede haber cuatro posibles aspectos deficientes: 1) Déficit de velocidad de procesamiento general de información (Leonard, 1998; Leonard et al, 2002); 2) Alteración de la memoria de trabajo (Gathercole & Baddeley, 1990); 3) problemas de memoria procedimental (Ullman & Pierpont, 2005) y, 4) dificultades en la percepción auditiva (Tallal & Piercy, 1973a). La idea es que ya que éstas funciones se relacionan de distintas maneras con diversos componentes del lenguaje (lexical, gramatical, semántico y pragmático), un compromiso de estos niveles de procesamiento impactaría en el desarrollo general del lenguaje (Parisse & Maillart, 2009).

1.2.4 TDL y percepción auditiva: la hipótesis de déficit auditivo.

La hipótesis de déficit auditivo postula que los problemas del lenguaje observados en los niños con TDL devienen de dificultades de base para percibir y procesar los estímulos auditivos (López-Poveda, 2014; Petersen & Gardner, 2011).

Desde los años 50's y 60's del siglo pasado se han referido fallas en la percepción auditiva en niños con TDL en ausencia de problemas clínicamente observables en esta modalidad sensorial (Levina 1951 en Tomas & Vissers, 2019; Eisenson, 1964 en Bishop, 1992) sin embargo, la visión toma fuerza en la década de 1970 cuando se inician los trabajos pioneros de Tallal y Piercy (1973a; 1973b), conocida como “Hipótesis de procesamiento auditivo temporal rápido” (*fast temporal-processing deficit hypothesis*). Los autores llegaron a concluir que existían déficits en el ámbito de procesamiento temporal auditivo, durante la presentación de señales acústicas no verbales que repercutían en la percepción de contrastes lingüísticamente significativos. Los trabajos de Tallal y Piercy apuntaron a que los problemas se encontraban en la discriminación y reproducción de tonos de corta duración, así como en la determinación del orden de elementos rápidamente cambiantes en una secuencia (1973a; 1981). Los autores comenzaron por medir la capacidad de discriminación y repetición de secuencias de tonos puros de diferentes frecuencias, y observaron que existía una relación directa entre el intervalo de tiempo entre los tonos y el desempeño de los niños con TDL (Tallal & Piercy, 1973b; 1974; 1975). Los problemas en el procesamiento de información auditiva rápida y breve impactarían la percepción del lenguaje, que fonológicamente se ubica en la escala de milisegundos (Guenther & Hickok, 2015), y el desarrollo de habilidades metalingüísticas que sustentan la lectoescritura. Los autores incluso propusieron una intervención para los trastornos del lenguaje y aprendizaje basada en la modificación de aspectos perceptuales auditivos (Tallal, Miller, Bedi, Byma, Wang, Nagarajan, et al., 1996).

En este sentido, pareciera que las características espectrales del sonido tendrían mayor relación con el TDL que la significancia fonética y fonológica (McArthur & Bishop, 2005). Sin embargo, no hay consenso sobre la naturaleza del déficit perceptual auditivo (lingüístico y/o no-lingüístico) ni respecto a las dimensiones del estímulo en las que existiría mayor dificultad (duración, frecuencia, amplitud y/o fase).

Uwer y colaboradores (2002) compararon la diferencia de respuesta con MMN ante estímulos auditivos lingüísticos y no-lingüísticos (tono) en 21 niños con trastorno de lenguaje y 21 niños

control, entre 5 y 10 años. Los autores no encontraron diferencias entre los grupos durante la discriminación de distintos tonos que diferían por su frecuencia y duración, pero sí un déficit en la discriminación de sílabas con estructura CV que diferían por punto de articulación. Los hallazgos se correlacionaron con el desempeño conductual en una tarea de discriminación de pares mínimos. En este sentido, Ziegler y colaboradores (2005) investigaron la naturaleza fonética del déficit de percepción auditiva lingüística en un grupo de 10 niños con trastorno de lenguaje en comparación con dos grupos control, uno pareado por edad y otro por desempeño lingüístico. Los autores utilizaron un paradigma conductual en el que se presentaban 16 pares mínimos con estructura VCV en lengua francesa, los cuales debían ser pareados con la imagen correspondiente. Ziegler y colaboradores encontraron que la percepción de todas las características fonéticas (punto, modo y, especialmente, sonoridad) mostraban diferencias con los grupos control, indicando un déficit en la extracción de características fonológicas más que en capacidades temporales o espectrales del sonido general, argumentando que esto es una evidencia de la integridad de procesos auditivos de bajo nivel, y refiriendo la posible existencia de alteraciones a nivel de procesamiento post-coclear (Ziegler, 2011). Basu y colaboradores (2010) señalan que los mecanismos deficientes podrían encontrarse a nivel de tallo cerebral. De igual manera, para conocer si los problemas en percepción auditiva en niños con TDL son primordialmente lingüísticos o no-lingüística, Davids y colaboradores (2011) utilizaron una tarea de presentación oral y visual de pares mínimos en conjunto con registro de componente MMN. 25 niños con TDL fueron comparados contra un grupo control mostrando que el primero se desempeñó por debajo del segundo en todas las tareas de percepción auditiva utilizadas, tanto lingüísticas como no lingüísticas. Los hallazgos se reportan en línea con propuestas de dificultades de procesamiento auditivo general.

En un estudio longitudinal, Vandewalle y colaboradores (2012) realizaron el seguimiento de un grupo de niños con TDL con y sin problemas para la adquisición de la lectoescritura a quienes se les pidió que identificaran una palabra con estructura CVC a partir de un paradigma de elección forzada con dos opciones de respuesta. Los autores encontraron dificultades para la percepción fonémica de pares mínimos que correlacionaban con los problemas de lectura y no con el TDL.

Otras funciones cognitivas han sido señaladas como posibles responsables de los problemas de percepción auditiva, por ejemplo, se ha propuesto que aspectos de atención pudiesen jugar un

rol importante en los déficits auditivos descritos. Sin embargo, las dificultades se continúan observado al controlar esta variable (Kujala & Leminen, 2017), por lo que la percepción auditiva podría ser un marcador clave para comprender este trastorno.

En resumen, si bien existen referencias tempranas de alteraciones en percepción auditiva en TDL, la naturaleza de este no está exenta de controversia. De acuerdo con algunos autores, el déficit perceptual se encontraría en la percepción de características acústicas básicas no-lingüística (Tallal y Piercy, 1973a; Tallal, 1981). Otros sostienen que este déficit auditivo temporal no-lingüístico impactaría la percepción lingüística (Tallal & Piercy, 1973a, 1973b, 1974, 1975; Vandewalle 2012; Davids et al., 2011) y otros que la deficiencia auditiva sólo es observable en el procesamiento de los sonidos del habla (Uwer et al., 2002; McArthur y Bishop 2004; Ziegler et al., 2005; Ziegler et al., 2011; Serniclaes, Van Heghe, Mousty, Carré y Sprenger-Charolles, 2004), incluso negando la existencia de una relación entre habilidades de percepción verbal y no verbal en esta población (Bailey & Snowling, 2002). McArthur & Bishop (2004) han propuesto, de manera alternativa, que el déficit se encuentra en el ámbito de la discriminación de frecuencia, impactando la extracción de elementos fonéticos y en la formación de representaciones fonológicas estables (Tomas & Vissers, 2019), con repercusión en la percepción auditiva de elementos lingüísticos únicamente. Los trabajos de Ziegler y colaboradores (2005, 2011) apoyan esta noción.

Desde el punto de vista de que el TDL no es un trastorno específico de lenguaje sino un cuadro que da cuenta de un estado alterado del sistema lingüístico (Pariße & Maillart, 2009), es necesario sobrepasar la visión descriptiva de la sintomatología centrada en el lenguaje y enfocar recursos en la identificación de el o los déficits subyacentes. Tomas y Vissers (2019) proponen que la evaluación de los niños con TDL debe de realizarse desde una orientación neuropsicológica integral, para incluir aspectos de percepción auditiva, verbal y no-verbal, con el objetivo de aumentar la comprensión del funcionamiento del sistema general y mejorar los programas de intervención.

1.2.5 Hallazgos EEG y TDL

En el estudio de la percepción auditiva en niños con Trastorno del Desarrollo del Lenguaje, el componente MMN ha sido el más reportado hasta el momento (Kujala & Leminen, 2017; Bishop, 2010, 2007; de Guibert et al., 2011). Al respecto de la percepción de estímulos no-

lingüísticos, se ha investigado la discriminación de frecuencias y duraciones, encontrando que algunos niños parecen tener un déficit en la discriminación auditiva de bajo nivel, especialmente cuando el estímulo presentado es rápido (<500 ms) (Bishop, 2007) y una respuesta poco diferenciada al presentar cambios de frecuencia (Kujala & Leminen, 2017). En cuanto a estímulos lingüísticos, se han observado amplitudes disminuidas, latencias mayores y distribuciones topográficas atípicas, menos lateralizadas hacia el hemisferio izquierdo (Kujala & Leminen, 2017), durante tareas con fonemas, sílabas y palabras (Bishop, 2007).

Desde hace casi tres décadas, la literatura ha mencionado que los niños con trastornos en el desarrollo del lenguaje presentan una incidencia alta de anormalidades en el EEG (Echenne et al, 1992), como anormalidades en la actividad de fondo y presencia de grafoelementos (Kaddah & Abdel-Raouf, 2011; Venkateswaran & Shevell, 2008). Por ejemplo, Mehta y colaboradores (2015) encontraron hallazgos anormales de EEG hasta en un 47.9% de una muestra de niños con problemas en el desarrollo de lenguaje, aun en ausencia de historia de crisis clínicas. Entre los hallazgos se encontró ritmo anormal de fondo, descargas epileptiformes interictales generalizadas, descargas epileptiformes interictales multifocales y descargas epileptiformes focales, tanto de forma aislada como en conjunto con otras anormalidades. Hallazgos similares fueron reportados por Lévy-Rueff y colaboradores (2012) en niños entre 4 y 7 años con trastornos de lenguaje, con anormalidades especialmente en la actividad eléctrica del hemisferio izquierdo. Estos resultados podrían indicar que las anormalidad en la actividad eléctrica basal del hemisferio izquierdo pudiera ser una característica en la población infantil con problemas de lenguaje (Mehta et al., 2015).

Poco se sabe sobre las características de EEG cuantitativo en esta población. Nenadovic y colaboradores (2014) encontraron que la presencia de una mayor proporción basal de actividad de ondas lentas (delta y theta) se correlacionaba con un peor desempeño en pruebas neuropsicológicas en niños con TDL. Estas diferencias se encontraron especialmente en regiones frontales para todas las bandas de frecuencia y en todas las regiones (frontal, temporal, parietal y occipital) para la banda de frecuencia theta. Sin embargo, las limitaciones del estudio se vinculan con la baja diferenciación topográfica e interhemisférica de los hallazgos y la carencia de un grupo control (Nenadovic et al., 2014).

2. JUSTIFICACIÓN

Estudiar la percepción auditiva en niños con Trastorno del Desarrollo de Lenguaje (TDL), en comparación con niños con desarrollo normotípico (DNT), es relevante en el entendido de que el lenguaje oral se basa en la producción de distintos sonidos y un adecuado desarrollo auditivo es necesario para el logro de una percepción sensorial que permita la comunicación. Hasta el momento, existen varias hipótesis sobre los mecanismos subyacentes al TDL. La hipótesis de déficit auditivo indica que los problemas del lenguaje en esta población se configuran a partir de un déficit de base para percibir y procesar estímulos sonoros.

Conocer las características cognitivas y electrofisiológicas de la percepción auditiva en niños con TDL dará luz sobre aspectos aún no consensuados, tales como el posible déficit auditivo perceptual y la posible naturaleza lingüística o no-lingüística de este. En el ámbito clínico podrá abonar al terreno diagnóstico, ya que estas diferencias podrían ser indicadores tempranos o paralelos de TDL. Desde la intervención terapéutica, el área perceptual auditiva es susceptible de ser abordada en conjunto con el dominio lingüístico, ampliando la intervención clínica en este tipo de dificultades del desarrollo.

Existe evidencia creciente de que la banda theta juega un papel fundamental en el procesamiento y decodificación auditiva lingüística, especialmente a partir de una importante sincronización con el ritmo del estímulo auditivo aferente y sintonización de los osciladores de otras bandas de frecuencia. Asimismo, las derivaciones frontales y temporales son de especial relevancia ya que constituyen la vía dorsal del lenguaje donde recae principalmente la percepción auditiva lingüística y que es fundamental para el desarrollo normotípico del lenguaje. Es en esta ruta donde tendría lugar la integración de información en distintas escalas temporales a partir de un procesamiento paralelo que permite la formación de representaciones lexicales fonológicas. Aunque se hipotetiza que la posible disfunción de bandas de baja frecuencia, como theta, podría relacionarse con alteraciones del lenguaje como el TDL, poco se sabe sobre las características de EEG cuantitativo en esta población. Además, como medida específica, el índice ERD/ERS podría proveer un análisis detallado de la respuesta fisiológica ante este tipo de estimulación y permitir conocer los rangos de frecuencia en los que se realizan los procesos.

En general, enfocar recursos en la identificación y caracterización de el o los déficits subyacentes en el TDL, podría dar cuenta del mosaico de funcionamiento cognitivo y lingüístico de estos niños.

Por lo tanto, la pregunta de investigación del presente estudio es ¿cuáles son las características cognitivas y electrofisiológicas de la percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, de niños con Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL) en comparación con niños con un desarrollo normotípico (DNT)?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Conocer las características cognitivas y electrofisiológicas de la percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, en banda theta de niños con TDL en comparación con niños con DNT.

3.2 Objetivos específicos

1. Comparar las características cognitivas en los desempeños de percepción auditiva lingüística y no-lingüística de niños con TDL y niños con DNT.
2. Comparar el índice ERD/ERS para banda theta en derivaciones frontales y temporales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T4, T5 y T6) durante estimulación auditiva lingüística y no-lingüística entre los grupos.
3. Analizar si existe relación entre los indicadores cognitivos y electrofisiológicos en función del estímulo (lingüístico y no-lingüístico) y del grupo (DNT y TDL).

4. HIPÓTESIS

1. H_0 : No existirán diferencias en el desempeño en percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, entre los grupos.
 H_1 : Existirán diferencias en el desempeño en percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, entre los grupos.
2. H_0 : No existirán diferencias en el índice ERD/ERS para banda theta en derivaciones frontales y temporales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T5, T4, T6) durante estimulación auditiva, lingüística y no-lingüística, entre los grupos.

H_1 : Existirán diferencias en el índice ERD/ERS para banda theta en derivaciones frontales y temporales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T5, T4, T6) durante estimulación auditiva, lingüística y no-lingüística, entre los grupos.

3. H_0 : No existirá asociación entre el desempeño en tareas de percepción auditiva con el índice ERD/ERS para banda theta en derivaciones frontales y temporales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T5, T4, T6) durante estimulación auditiva, lingüística y no-lingüística, de acuerdo con el grupo (TDL y DNT).

H_1 : Existirá asociación entre el desempeño en tareas de percepción auditiva con el índice ERD/ERS para banda theta en derivaciones frontales y temporales (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T5, T4, T6) durante estimulación auditiva, lingüística y no-lingüística, por grupo (TDL y DNT).

5. MÉTODO

5.1 Tipo y diseño de estudio

Estudio no experimental, transversal y comparativo correlacional (Coolican, 2014).

5.2 Participantes y selección de la muestra

La selección de la muestra se realizó de manera no probabilística de tipo intencional.

Todos los participantes del presente estudio formaron parte del protocolo de investigación 50/17 “Análisis de la potencia EEG de niños con Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL) y niños con Desarrollo Típico (DNT) durante la presentación de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos”. El protocolo fue previamente aprobado por los comités de Investigación y de Ética del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra” (INR) con base en el acuerdo internacional de Helsinki.

Se hizo la invitación a participar a todo el público interesado del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra” y escuelas primarias (públicas y privadas) de la Ciudad de México y área metropolitana. El medio de difusión empleado para realizar el reclutamiento de participantes fue cartel *in situ* (apéndice A) y difusión abierta por medio de redes sociales.

De la muestra total donde participaron 98 niños, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión que se describen en la siguiente sección, constituyendo una muestra final de 32 niños,

16 niños en cada grupo (TDL: n=16, DNT: n=16), pareados por edad (6 años: n=8, 7 años: n=8) (véase fig. 7). Los grupos se organizaron de la siguiente manera:

- Grupo 1: Niños con desarrollo normotípico, de 5 años 00 meses a 6 años 11 meses que acudían a escuelas primarias públicas y/o privadas, cuyos padres atendieron la invitación y que cumplieron con los criterios para formar parte del grupo DNT.
- Grupo 2: Niños con Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL), de 5 años 00 meses a 6 años 11 meses referidos por el servicio de Patología de Lenguaje del Instituto Nacional de Rehabilitación o cuyos padres atendieron la invitación por otros medios, y que cumplieran los criterios para grupo TDL, basados en los criterios planteados por Badcock, Bishop, Hardiman, Barry y Watkins (2012).

5.3 Criterios de selección de los participantes

Grupo 1: DNT

Criterios de inclusión

- Tener entre 5,0 y 6,11 años.
- Ser monolingües, con español como lengua materna.
- Tener un CIT dentro de rango promedio (80-120).
- Condiciones motoras y estructurales del aparato fonoarticulador normales, de acuerdo con valoración médica.
- Presentar puntaje dentro de la norma en dominios de lenguaje de la ENI (por arriba del percentil 26-75: promedio).
- Referencia de promedio escolar mínimo de 8 o rendimiento escolar satisfactorio para los niños de 5 años, por parte de familiares y/o cuidadores primarios durante historia clínica.

Criterios de exclusión

- Ser multilingüe.

- Presencia de cuadro de otitis media en los últimos 6 meses.
- Presencia de alteración, o sospecha de alteración, auditiva como hipoacusia conductiva, neurosensorial o mixta.
- Presencia de alteraciones motoras y estructurales del aparato fonoarticulador, como: labio leporino y/o fisura palatina, maloclusión dental, disartria, apraxia del habla infantil.
- Presencia de alteración del neurodesarrollo (e.g. autismo, Síndrome de Down, TDAH, epilepsia, convulsiones febriles, parálisis cerebral, síndrome de Landau-Kleffner) de acuerdo con las condiciones biomédicas diferenciadoras referidas por Bishop y colaboradores (2017).
- Presencia de signos o síntomas de trastornos del estado de ánimo: depresión y/o ansiedad.
- Estar bajo tratamiento farmacológico psicoactivo.
- Presencia de habilidades verbales por debajo de 1.5. desviaciones estándar o caer por debajo del percentil 16 en el puntaje obtenido en pruebas de lenguaje.

Criterios de eliminación

- Solicitud expresa de los padres o tutores para no continuar dentro del estudio.
- No brindar autorización por medio de consentimiento informado.
- No brindar autorización por medio de asentimiento informado.
- Poca cooperación por parte del niño para la realización de las evaluaciones.
- Valoraciones inconclusas.
- Enfermedad infecciosa o viral que pueda poner en riesgo de contagio a la población dentro del hospital.
- Registro electroencefalográfico con exceso de artefactos o paroxismos.

Grupo 2: TDL

Criterios de inclusión

- Cumplir con los criterios propuestos por Badcock, Bishop, Hardiman, Barry y Watkins (2012) para la identificación del TDL:
 - Ser monolingües, con español como lengua materna.
 - Tener un CIT dentro de rango promedio (80-120).
 - Audición normal: curva de audición normal bilateral de 20 dB a 500, 1000, 2000 y 4000 MHz, discriminación y reflejos estapediales normales (audiometría, timpanometría y/o logometría o, en su defecto, apartado de Audición de Signos Neurológicos Blandos).
 - Condiciones motoras y estructurales de aparato fonoarticulador normales, de acuerdo con valoración médica.
 - Desempeño por debajo del percentil 10 en dos o más test estandarizados de lenguaje.
- Tener entre 5,0 y 6,11 años.
- Presentar discrepancia de al menos 1 DE entre tareas verbales y no verbales.
- Ubicarse por debajo del percentil 16 y con una probabilidad mayor al 75% en la prueba Tamiz de Problemas de Lenguaje (tamizaje de TDL).

Criterios de exclusión

- Ser multilingüe.
- Presencia de cuadro de otitis media en los últimos 6 meses.

- Presencia de alteración, o sospecha de alteración, auditiva como hipoacusia conductiva, neurosensorial o mixta.
- Presencia de alteraciones motoras y estructurales del aparato fonarticulador, como: labio leporino y/o fisura palatina, maloclusión dental, disartria, apraxia del habla infantil.
- Presencia de alteración del neurodesarrollo (p.ej. autismo, Síndrome de Down, TDAH, epilepsia, convulsiones febriles, parálisis cerebral, síndrome de Landau-Kleffner) o lesiones neurológicas reportadas, de acuerdo con las condiciones biomédicas diferenciadoras referidas por Bishop y colaboradores (2017).
- Presencia de signos o síntomas de trastornos del estado de ánimo: depresión y/o ansiedad.
- Estar bajo tratamiento farmacológico psicoactivo.

Criterios de eliminación

- Solicitud expresa de los padres o tutores para no continuar dentro del estudio.
- No brindar autorización por medio de consentimiento informado.
- No brindar autorización por medio de asentimiento informado.
- Poca cooperación por parte del niño para la realización de las evaluaciones.
- Valoraciones inconclusas.
- Enfermedad infecciosa o viral que pueda poner en riesgo de contagio a la población dentro del hospital.
- Registro electroencefalográfico con exceso de artefactos o paroxismos.

5.4 Variables

Percepción auditiva. Definida conceptualmente como la capacidad cognitiva de interpretar y dar sentido a las sensaciones sonoras (Eggermont, 2019; López-Poveda, 2014) que requiere el acceso a características básicas del sonido (frecuencia, tono, timbre e intensidad) y la detección de cambios en estas propiedades durante el tiempo, lo que permite la realización de tareas de alto orden como la formación de objetos auditivos, la comprensión del lenguaje o la percepción musical (López-Poveda, 2014). Será identificada como el puntaje escalar obtenido en el dominio de Percepción Auditiva de la Evaluación Neuropsicológica Infantil y sus subpruebas (Notas Musicales, Sonidos Ambientales y Percepción Fonémica).

Actividad theta. Banda de frecuencia de EEG comprendida entre los 4 y 8 Hz. Se medirá mediante índice de sincronización/desincronización (ERD/ERS) el cual es una medida de cambio en el EEG en curso que representa un incremento o decremento de corta duración de la amplitud de la actividad rítmica, específico para una banda de frecuencia y no enfocado al evento de estimulación (Pfurtscheller, 2001; Pfurtscheller & Lopes, 1999). Para el presente estudio, se eligieron 11 derivaciones por ser regiones de interés (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, FZ, T3, T5, T4, T6), durante estimulación auditiva, entendida como la actividad eléctrica cerebral ante la presentación binaural repetida y aleatoria de un tono puro con una frecuencia de 500 Hz, y la sílaba /ta/, compuesta por dos fonemas: la consonante oclusiva dental /t/ (por su modo y punto de articulación) y la vocal central abierta /a/ (por el avance de la lengua al momento de articularse y por el grado de apertura de la boca)

5.5 Instrumentos

- *Historia clínica semiestructurada obtenida de la batería Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)* (Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky, 2007).
Busca dilucidar antecedentes patológicos y no patológicos de relevancia, así como las características de la condición actual. Se realizaron modificaciones al formato original para indagar información referente a los criterios de inclusión y exclusión (apéndice D).
- *Índice de Nivel Socioeconómico (NSE) 8x7 de la Asociación Mexicana de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI, 2011)*.
Norma que mide el bienestar del hogar de acuerdo con el nivel económico, social y de

satisfacción de las necesidades en términos de vivienda, salud, energía, tecnología, prevención y desarrollo intelectual, para localidades de más de 50,000 habitantes. Clasifica a los hogares mexicanos en siete niveles (siendo el nivel A/B el segmento con más alto nivel de vida del país y el nivel E el de menor calidad de vida) a partir de ocho indicadores (número de habitaciones, tipo de piso, número de baños, regadera, estufa de gas, número de focos, número de automóviles y escolaridad de la persona que más aporta al gasto familiar) (apéndice E).

- *Cuestionario de Depresión Infantil (CDI) (Kovacs et al, 1983). Versión española (Domenéch y Polaino-Lorente, 1990).*

El cuestionario CDI (*Children's Depression Inventory*) es un autoinforme desarrollado originalmente por Kovacs y colaboradores (1983) para la evaluación de la depresión infantil en niños y adolescentes de 7 a 17 años. Este instrumento es ampliamente utilizado en diversos estudios epidemiológicos y en el ámbito clínico (Segura, Posada, Ospina & Ospina, 2011). Consta de 27 ítems con un punto de corte de 19 (centil=90) establecido por la autora. Todos los ítems del CDI tienen tres enunciados de respuesta. El 50% de las preguntas comienzan con alternativas de respuesta que indican mayor sintomatología; el resto sigue una secuencia invertida reflejando ausencia de sintomatología. Las alternativas de respuesta presentan los siguientes valores: 0: ausencia de sintomatología; 1: sintomatología leve; 2: sintomatología depresiva. Domenéch y Polaino-Lorente (1990) realizaron la versión española con un total de 6432 participantes. En la mayoría de los estudios se han encontrado coeficientes alfa que oscilan entre 0,71 y 0,94, indicando una buena consistencia interna del instrumento. La fiabilidad del CDI se ha demostrado aceptable oscilando entre 0,38 y 0,87 para la estabilidad temporal (en el periodo comprendido entre una semana y un año) (apéndice F).

- *Escala de Ansiedad para Niños (SCAS) (Spence, 1997). Versión en español mexicano (Hernández-Guzmán et al., 2010).*

Instrumento de tamizaje diagnóstico tipo autoinforme que permite evaluar la presencia de trastornos relacionados con la ansiedad en la niñez y la adolescencia a partir de las categorías del DSM-IV-TR (Godoy, Gavino, Carrillo, Pilar & Quintero, 2011). La

SCAS es un inventario de 44 ítems con una escala de respuesta tipo Likert que evalúa las siguientes categorías diagnósticas: ataques de pánico y agorafobia, trastorno de ansiedad de separación, fobia social, miedos específicos, trastorno obsesivo-compulsivo y trastorno de ansiedad generalizada.

Psicométricamente, ha mostrado alta consistencia interna que fluctúa entre .80 y .93 (Hernández-Guzmán et al., 2010). Para su adaptación al español se empleó el procedimiento tradicional de traducción-retraducción. Participaron en el estudio 554 niños: 278 varones y 276 niñas, entre 8 y 12 años de zonas geográficas diversas de la Ciudad de México. La confiabilidad de esta versión fue de .72, resultando elevada (Hernández-Guzmán et al., 2010) (apéndice G).

- *Tamiz de Problemas de Lenguaje (Auza, Murata, Márquez y Morgan, 2018).*
Prueba de tamizaje cuyo objetivo es la detección de TDL mediante la observación de problemas gramaticales en el español mexicano. Se centra en evaluar partículas gramaticales marcadas como críticas por la literatura en TDL (artículos, clíticos, preposiciones y derivativos) en dos tareas (morfología y repetición de oraciones). Estructurada para niños entre 3,00 y 6,11 años con riesgo de padecer TDL. El instrumento fue aplicado a 872 niños mexicanos, monolingües y de habla hispana, residentes de varias ciudades del país. Los indicadores de sensibilidad y especificidad de la prueba se encuentran por encima del 0.80 y cuenta con un α de Cronbach= 0.93 (apéndice H).

- *Escalas de Inteligencia de Wechsler:*
WPPSI-III. Tercera versión de la Escala de Inteligencia Wechsler para los niveles Preescolar y Primario (2002). Es un instrumento clínico que evalúa el funcionamiento intelectual de niños entre 2,6 y 7,3 años. Arroja puntuaciones compuestas sobre Coeficiente Intelectual Verbal (CIV), Coeficiente Intelectual de Ejecución (CIE), Coeficiente de Velocidad de Procesamiento (CVP), Compuesto General del Lenguaje (CGL), así como una puntuación compuesta general que representa la capacidad intelectual general del niño (CIT). Para su estandarización en México, se aplicó a una muestra estratificada de 829 niños de 21 estados de la república. Los coeficientes de

confiabilidad se ubican por encima del .80 para todas las subpruebas y puntuaciones compuestas

WISC-IV. Cuarta edición de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños IV (2005). Ofrece un coeficiente 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 (Índice de Comprensión Verbal, Índice de Razonamiento Perceptual, Índice de Memoria de Trabajo e Índice de Velocidad de Procesamiento). El desempeño en estas pruebas compone el Coeficiente Intelectual Total. Para su estandarización en México, se aplicó a una muestra estratificada de 1,100 participantes de 11 estados de la república. Los coeficientes de confiabilidad se ubican por encima del .79 para todas las subpruebas y puntuaciones compuestas

- *Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007). Subpruebas de Percepción Auditiva.*

Batería neuropsicológica cuyo objetivo es la evaluación del desarrollo cognitivo de población infantil de habla hispana, de entre 5 y 16 años. Comprende la evaluación de 12 procesos cognitivos, de los cuales se empleó uno para el presente estudio (habilidades perceptuales auditivas), así como dos apartados adicionales (lateralidad manual y signos neurológicos blandos). Las normas de la batería se llevaron a cabo con una muestra de 788 niños de entre 5 y 16 años provenientes de Colombia (n=248) y de México (n=540), provenientes de escuelas públicas y privadas. Los coeficientes de confiabilidad test-retest para las subpruebas utilizadas en este trabajo son moderados (apéndice I).

Ejemplos de reactivos:

Percepción auditiva:

2. Percepción de sonidos ambientales

“Te voy a presentar unos sonidos que seguramente ya has escuchado antes y quiero que pongas mucha atención, para que puedas decirme a qué corresponde cada sonido”

[Sierra]

[Rana]

[Estornudo]

Adicionalmente a las puntuaciones naturales en las pruebas de percepción auditiva de sonidos ambientales, también se tomaron en cuenta aspectos de cualificación de la ejecución con el objetivo de minimizar la demanda de respuesta verbal, lo cual es importante en esta población en específico (Ostrosky, Lozano & González, 2016; Ardila & Ostrosky, 1991). Otras respuestas permitidas para la cualificación del desempeño fueron palabras semánticamente relacionadas (sapo por *rana*; toser por *estornudo*) y, gestos o praxias directamente relacionados con el sonido ambiental (praxia de cortar por *sierra*).

Aparatos

- Amplificador Nicolet®, de 32 canales, modelo NicONE, con una frecuencia de muestreo de 256 Hz, con filtros pasa banda de 1.6-70 Hz y 16 bits de resolución. Además, electrodos copa de oro y material estándar para registro electroencefalográfico.
- Audífonos Sony In Ear MDR-EX15LP, con capacidad de 100 mW, imán de Neodimio y respuesta de frecuencia de 8-22,000 Hz.
- Interfaz. Interfaz audiovisual en el entorno de programación Processing para la presentación de estímulos auditivos compatible con el amplificador marca Nicolet®, modelo NicONE.
- Computadora marca Toshiba modelo Satellite U40t-A, pantalla de 35.6 cm (14”), resolución de pantalla de 1366 x 768 pixeles, sistema operativo Windows 8.1, 64 bits, procesador Intel Core i5, memoria interna 8GB, 1T.

5.6 Escenario

Tanto la evaluación de desempeño cognitivo, como el registro de EEG, se llevaron a cabo en la Cámara de Faraday de las instalaciones del Laboratorio de EEG dentro del área de neurofisiología del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra”. El escenario contó con dos sillas y una mesa para realizar la evaluación neuropsicológica, así como con el equipo de EEG en la última sesión. El lugar contaba con condiciones acústicas,

eléctricas, de iluminación y temperatura adecuadas para evitar interferencias durante la evaluación y el registro.

5.7 Procedimiento

Para la selección de los participantes de ambos grupos se realizó una primera sesión, con una duración aproximada de 50 minutos, que tuvo el objetivo de explicar las características del estudio y responder dudas relacionadas con cualquier parte del proceso. En dicha sesión, los padres de los menores contestaron el cuestionario de nivel socioeconómico y la historia clínica y leyeron y firmaron el consentimiento informado (apéndice B) en caso de no existir dudas y estar de acuerdo en participar. De manera paralela, durante la misma sesión, se leyó el asentimiento informado (apéndice C) al menor y se aplicaron cuatro instrumentos: la Escala de Ansiedad para Niños de Spence en español (SCAS) (Spence, 1997, versión de Hernández-Guzmán et al., 2010), el Inventario de Depresión Infantil (CDI) (Kovacs et al, 1983, versión de Domenéch y Polaino-Lorente, 1990), el Tamiz de Problemas de Lenguaje (TPL-México) (Auza et al, 2018) y la escala de Signos Neurológicos Blandos de la Batería ENI (Matute et al, 2007). Aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión durante la evaluación de tamizaje, fueron citados para una segunda sesión.

Durante la segunda sesión, de aproximadamente 50 minutos de duración, se aplicó la Escala Wechsler de Inteligencia para Niños en su versión WPPSI-III o WISC-IV (Wechsler, 2002; Wechsler, 2005), acorde a la edad del participante. Los participantes que obtuvieron un CI dentro del promedio (80-120), fueron citados para la tercera, cuarta y quinta sesión, correspondientes a evaluación neuropsicológica y EEG.

En una tercera y cuarta sesión, de aproximadamente 50 minutos de duración, se llevaron a cabo las tareas seleccionadas de los subdominios de la Batería de Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007).

El algoritmo completo de evaluación puede observarse en la figura 10.

Adquisición de la señal de EEG

En la quinta sesión, se llevó a cabo el registro de EEG con duración aproximada de 90 minutos. Los participantes y sus padres fueron informados previamente de los requerimientos del paradigma que consistían en acudir en condición de vigilia, sin desvelo y sin actividad física o

mental extenuante previa. Una vez situados en la cámara de Faraday, se verificó que los participantes comprendieran las instrucciones y se realizó la instrumentación, limpiando con cuidado el cuero cabelludo de cada participante utilizando una torunda de algodón con alcohol y gel dermo-abrasivo *Nuprep*.

Posteriormente, utilizando pasta *Ten20* para mejorar la conducción, se colocaron 19 electrodos de acuerdo con el sistema internacional 10/20.

Los montajes utilizados para el análisis fueron monopolares en derivaciones frontales (Fp1, Fp1, F3, F4, F7, F8 y Fz) y temporales (T3, T4, T5 y T6). Adicionalmente se utilizaron 10 electrodos periféricos para facilitar la detección de artefactos que contaminaran la señal de EEG. Para este fin, se realizó el registro de electrocardiograma, con 2 electrodos situados en el tórax, electro-oculograma, con 2 electrodos en los bordes perioculares de cada ojo, y electromiograma facial, con 4 electrodos situados sobre el músculo mastoides.

Durante la instrumentación y registro fue necesaria la colaboración simultánea de dos evaluadores capacitados, uno para el control del equipo y el registro visual de la señal, y otro para el acompañamiento y direccionamiento del menor. De esta manera se buscó garantizar en la medida de lo posible el seguimiento de indicaciones y evitar movimiento, somnolencia, distracción, ansiedad y otras respuestas afectivas, para la disminución de artefactos.

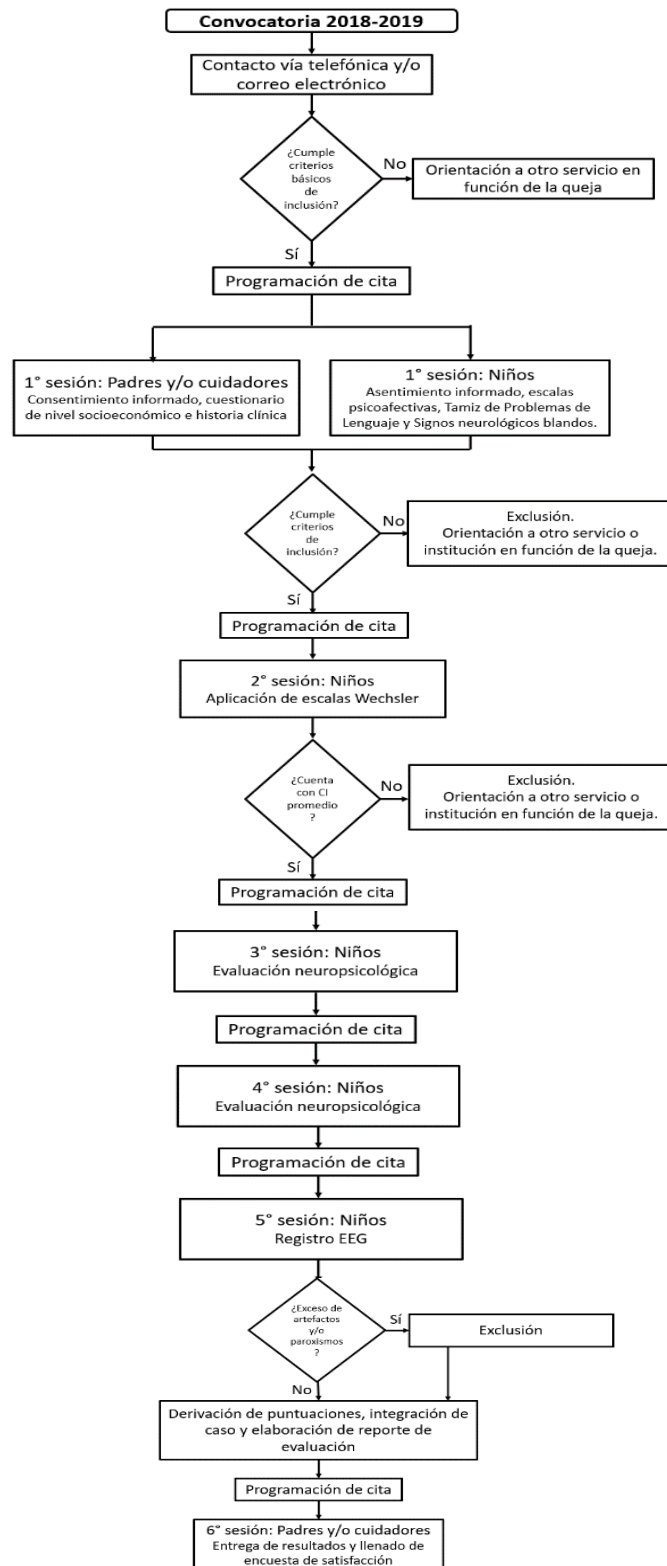
El registro de EEG se realizó en tres etapas que comprendieron:

- 1) Registro en reposo.

Registro durante estimulación auditiva: basado en el paradigma de Stevens, Paulsen, Yasen, Mitsunaga y Neville (2012). Durante esta condición, los participantes debieron permanecer en posición de decúbito dorsal, evitando realizar movimientos faciales y/o corporales. Se les proporcionaron indicaciones y se reprodujo una grabación auditiva binaural, compuesta por ocho bloques de 30 repeticiones aleatorias de: 1) un tono puro con una frecuencia de 500 Hz (*/beep/*) y 2) la sílaba */ta/*. La sílaba se diseñó en el laboratorio de acústica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México, de forma CV (consonante-vocal) compuesta por dos fonemas, la consonante oclusiva (por su modo de articulación), dental (por su punto de articulación) */t/* y la vocal central (por el avance de la lengua al momento de articularse), abierta (por el grado de abertura de la boca) */a/*.

Figura 10

Algoritmo proceso de evaluación

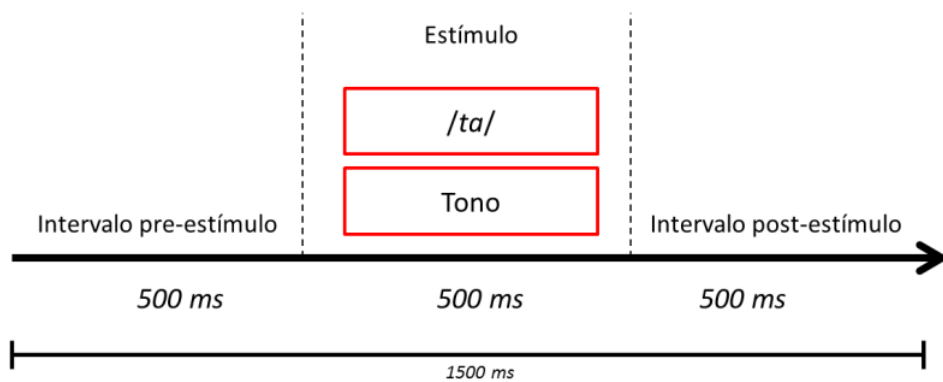


Ambos estímulos fueron presentados a 70 dB con una duración de 500 ms y un intervalo entre estímulos (ISI) de 1000 ms (véase figura 11). El intervalo establecido fue de 12 segundos entre la presentación de cada uno de los 8 ensayos. De los 240 estímulos, se presentaron 120 repeticiones del tono (estímulo no-lingüístico) y 120 repeticiones de la sílaba /ta/ (estímulo lingüístico) que se distribuyeron aleatoriamente a lo largo de los ensayos.

- 2) Maniobras de activación: Adicionalmente, para la detección de electromorfogramas anormales se incluyeron maniobras de fotoestimulación e hiperventilación con una duración de 3 minutos.

Figura 11

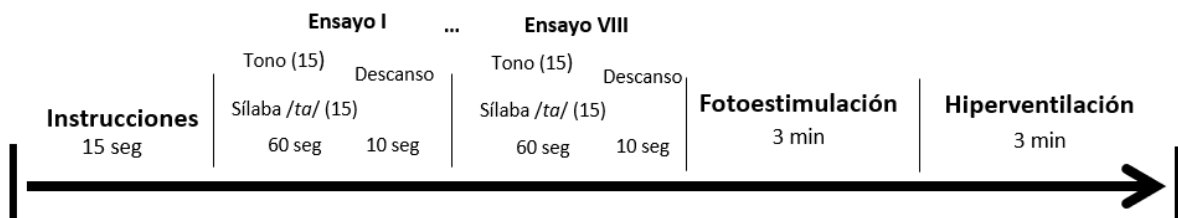
Ventana temporal de estimulación auditiva



La señal fue digitalizada y almacenada para su posterior análisis analógico y cuantitativo. El procedimiento completo de registro EEG se puede observar en la figura 12.

Figura 12

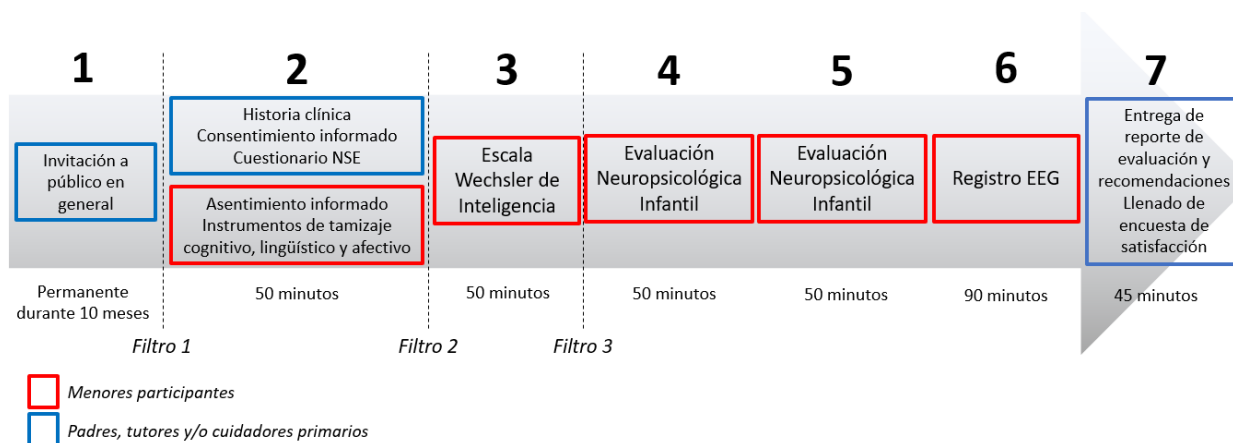
Paradigma de registro



En una sexta y última sesión, de aproximadamente 45 minutos de duración, los padres y/o cuidadores primarios de los participantes acudieron para recibir el reporte de evaluación neuropsicológica y recomendaciones, así como informe de registro de EEG. Por último, los padres y/o cuidadores primarios llenaron y firmaron la encuesta de satisfacción de pacientes que participan en protocolos de investigación en el INR LGII (formato interno F01-PR-DI-08 Rev.03 MAY 18) (apéndice J). En la figura 13 puede observarse el procedimiento completo de reclutamiento, selección y evaluación de participantes.

Figura 13

Procedimiento completo de reclutamiento, selección y evaluación de participantes



Nota: los recuadros azules muestran las actividades realizadas directamente con los padres, tutores y/o cuidadores primarios de los menores participantes. Los recuadros rojos muestran las sesiones y tareas abordadas con los menores en cuestión.

Preprocesamiento de la señal

Fuera de línea, un especialista en fisiología del desarrollo adscrito a la institución observó cada uno de los registros para su evaluación clínica. A partir de dicha valoración, se seleccionaron aquellos registros con ausencia de hallazgos electroencefalográficos anormales.

Cuantitativamente, las señales registradas de cada participante se analizaron para determinar las características de potencia relacionadas con la condición de estimulación auditiva, lingüística y no-lingüística.

Se realizó inspección visual de cada una de las 240 épocas de dos segundos con el propósito de remover aquellos segmentos con exceso de movimiento o artefactos fisiológicos. Se eligieron en promedio 83 épocas de 2 segundos por cada participante por condición (DNT: tono = mín. 63, máx. 104; sílaba = mín. 44, máx. 108) (TDL: tono = mín. 57, máx. 107; sílaba = mín. 44, máx. 113). Para minimizar la influencia de la conducción por volumen en electrodos cercanos, así como la actividad eléctrica propia de la referencia del montaje, se utilizó la técnica de cambio de referencia conocida como CAR (*Common Average Reference*) (Alhaddad, 2012; Nunez, Srinivasan, Westdorp, Wijesinghe, Tucker, Silberstein & Cadusch, 1997). Los artefactos oculares y musculares se removieron de los canales del EEG con apoyo de un análisis de componentes independientes (FastICA) para identificar las fuentes de ruido y reconstruir la señal sin artefactos. La señal obtenida del EEG, se acondicionó con un filtro elíptico de séptimo orden, uno pasabajos a 40 Hz y pasaaltas a 1.6 Hz. El espectro de potencia obtenido en cada derivación se normalizó utilizando transformación logarítmica (\log_{10}).

Estimación de ERD/ERS

Para la derivación del índice ERD/ERS (*event-related desynchronization / event-related synchronization*), se analizó la potencia espectral mediante un análisis tiempo-frecuencia, de acuerdo con el procedimiento descrito por Tallon-Baudry & Bertran (1999). El análisis se basó en la transformada wavelet de la señal de EEG. Para ello se realizó una convolución entre la señal de EEG y wavelets tipo Morlet compleja, esta última tiene una forma gaussiana tanto en el dominio del tiempo (σ_t) como de la frecuencia (σ_f) alrededor de su frecuencia central (f_0):

$$w(t, f_0) = A \exp(-t^2 / 2\sigma_t^2) \exp(2i\pi f_0 t)$$

con $\sigma_f = 1/2\pi\sigma_t$. Las wavelets fueron normalizadas para que su energía total sea igual a 1, el factor de normalización es $\sigma_f = 1/2\pi\sigma_t$.

Una familia wavelet se caracteriza por un radio constante $\sigma_f = 1/2\pi\sigma_t$, el cual debe de ser elegido mayor que cinco (Tallon-Baudry & Bertrand, 1999). La familia que se usó en este trabajo fue definida con un radio de 6, con f_0 variando desde 5 hasta 30 Hz con una resolución de 1 Hz. El análisis se realizó en el intervalo de 0 hasta 2 segundos de cada ensayo en ambos estímulos. Con la convolución se calculó la potencia variable con el tiempo [$P(t, f_0)$] de la señal de EEG en la banda de frecuencia theta, lo cual provee la representación tiempo-frecuencia de la señal:

$$P(t, f_0) = \left\| w(t, f_0) \times EEG(t) \right\|^2$$

Después se promedió la representación tiempo-frecuencia para cada ensayo de ambos estímulos. Al promediar, se sumaron las actividades “*phase-locked*” y las “*non-phase-locked*”, así como el ruido, y sólo se resaltaron las actividades para las cuales la amplitud fue suficientemente alta en comparación con el EEG de fondo de alta frecuencia. Con esto se obtuvieron dos representaciones tiempo-frecuencia promedio, una para cada estímulo auditivo (lingüístico y no-lingüístico).

Finalmente, a partir de las representaciones tiempo-frecuencia se obtuvieron las variaciones de potencia con respecto a la línea base antes del estímulo auditivo (de 0 a 1.5 s de cada ensayo), lo cual se conoce como índice ERD/ERS (*event-related desynchronization / event-related synchronization*) (Pfurtscheller, 2001), calculado mediante la siguiente ecuación:

$$ERD/ERS = \frac{P_j - R}{R} \times 100$$

donde $R = \frac{1}{n} \sum_0^{1.5} P_j$ es la potencia promedio en el intervalo de línea base, y P_j es la potencia de la j th muestra del ensayo. Para incrementar la confiabilidad estadística, los valores de ERD/ERS fueron promediados sobre todos los ensayos de cada uno de los estímulos. Los valores obtenidos fueron utilizados para realizar el análisis estadístico.

Las muestras seleccionadas fueron analizadas usando el software MatLab® versión 2015b en un programa diseñado *ex profeso* por el equipo de la División de Investigación en Ingeniería Médica del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Posteriormente, se realizó la identificación y extracción de valores atípicos (*outliers*), utilizando el paquete estadístico SPSS versión 23.

5.8 Análisis estadístico

Una vez obtenidas las puntuaciones en las subpruebas de percepción auditiva y los valores de ERD/ERS en banda theta, se procedió a realizar la prueba Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de los conjuntos de datos y determinar las pruebas estadísticas a utilizar.

En el caso de las variables cognitivas, la prueba fue significativa para algunas variables ($p > .05$), por lo que los datos no cumplieron con el criterio de normalidad y se procedió a utilizar estadística no paramétrica.

Con la finalidad de brindar una caracterización del desempeño de los grupos en las pruebas de percepción auditiva, las puntuaciones naturales obtenidas fueron codificadas a puntuaciones estándar para el subdominio de Percepción auditiva de acuerdo con los datos normativos que brinda la batería para cada grupo etario, y a puntuaciones escalares para las tres subpruebas (Notas musicales, Sonidos ambientales y Percepción auditiva). Adicionalmente, las puntuaciones estándar del subdominio de Percepción auditiva se clasificaron en categorías superior (>70), por arriba del promedio (60-70), promedio (40-60), por debajo del promedio (30-40) y bajo (<30). En el análisis, también se incluyeron puntuaciones cualificadas de las subpruebas de Sonidos ambientales y el dominio de Percepción auditiva.

Para la comparación del índice ERD/ERS en banda theta en las derivaciones seleccionadas, la prueba no fue significativa para las variables o grupos ($p < .05$), la medición de la variable superó el nivel intervalar y se encontró homogeneidad de varianzas, por lo que se procedió a utilizar estadística paramétrica para el análisis de las diferencias entre grupos para las variables electrofisiológicas.

Con el propósito de examinar si existen diferencias en la actividad eléctrica cerebral ante la presentación de estímulos auditivos lingüísticos y no-lingüísticos, se realizó una ANCOVA de medidas repetidas de una vía para determinar la existencia de diferencias en el índice ERD/ERS total en función de la condición de estimulación y entre ambos grupos, tomando como covariables el coeficiente intelectual total y el nivel socioeconómico. Con la finalidad de explorar a profundidad estos datos, posteriormente se procedió a realizar un análisis tiempo-frecuencia, utilizando la prueba t de Student.

Finalmente, para determinar la existencia de correlaciones entre el desempeño en tareas de percepción auditiva y la actividad eléctrica cerebral de los participantes, se estimó la relación de la variable ERD/ERS con el desempeño perceptual auditivo 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 con el paquete estadístico SPSS versión 23.

6. RESULTADOS

6.1 Características generales de la muestra.

De acuerdo con los criterios de selección expuestos en el apartado 6.2, la muestra final estuvo constituida por 32 niños con una media de edad de 5.5 años (± 0.508). 16 participantes conformaron el grupo con desarrollo normotípico (DNT), con una media de edad de 5.5 años (± 0.516) y 3.25 años de escolaridad (± 0.577). A su vez, 16 participantes conformaron el grupo TDL, con una media de edad de 5.5 años (± 0.516) y una escolaridad de 3.31 años (± 0.602). La tabla 1 muestra la distribución y comparación por edad, sexo, escolaridad, nivel socioeconómico y preferencia manual para ambos grupos. La variable de nivel socioeconómico fue la única que mostró diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 1

Comparación de las características generales de los participantes de los grupos

| | Valores | DNT | TDL | \hat{p} |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|
| Edad (meses) | | 69.26 \pm 5.82 | 70.38 \pm 8.13 | .677 |
| Sexo (frecuencia) | Masculino | 7 (43.75%) | 12 (75%) | -- |
| | Femenino | 9 (56.25%) | 4 (25%) | -- |
| Escolaridad (años) | | 3.25 \pm .577 | 3.31 \pm .602 | .744 |
| Nivel socioeconómico (puntos) | | 144.81 \pm 29.757 | 105.62 \pm 50.193 | .004** |
| Preferencia manual (frecuencia) | Diestra | 16 (100%) | 13 (81.25%) | -- |
| | Zurda | 0 (0%) | 0 (0%) | -- |
| | Mixta | 0 (0%) | 3 (18.75%) | -- |

Nota: \hat{p} =U-Mann-Whitney; * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$

De igual manera, se tomaron en cuenta niveles de ansiedad, depresión y CIT como criterios para la conformación de los grupos. Se encontraron diferencias en la tarea de Vocabulario, en la

escala ICV y en el CIT. La tabla 2 muestra la comparación de estas variables. Como se puede observar, no hay diferencias entre los grupos en la esfera socioafectiva, sin observar datos patológicos.

Tabla 2

Comparación de las variables orgánicas de los participantes de los grupos

| | | DNT | TDL | \hat{p} |
|----|-------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | CDI | 4.69 ± 3.842 | 4.80 ± 2.541 | .590 |
| | SCAS | 23.63 ± 9.069 | 19.13 ± 10.562 | .198 |
| | Vocabulario | 11.81 ± 2.401 | 5.81 ± 2.105 | .001** |
| | ICV /CV | 104.69 ± 12.836 | 76.44 ± 5.416 | .001** |
| CI | RP | 106.38 ± 11.272 | 100.06 ± 12.767 | .151 |
| | CIT | 105.63 ± 12.176 | 87.13 ± 7.736 | .001** |

Nota: \hat{p} = U-Mann-Whitney; CDI= Cuestionario de Depresión Infantil; SCAS= Escala de Ansiedad para Niños; CI= Coeficiente Intelectual; ICV= Índice de Comprensión Verbal; CV= Comprensión Verbal; CIE= Coeficiente Intelectual de Ejecución; RP= Razonamiento Perceptual; CIT= Coeficiente Intelectual Total. * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$

6.2 Comparación del desempeño en percepción auditiva

Con el objetivo de obtener una medida de percepción auditiva por medio de pruebas neuropsicológicas, se aplicaron las tareas de Notas musicales, Sonidos ambientales y Percepción fonémica del subdominio de Percepción auditiva del apartado de Habilidades perceptuales de la batería ENI (Matute et al, 2007).

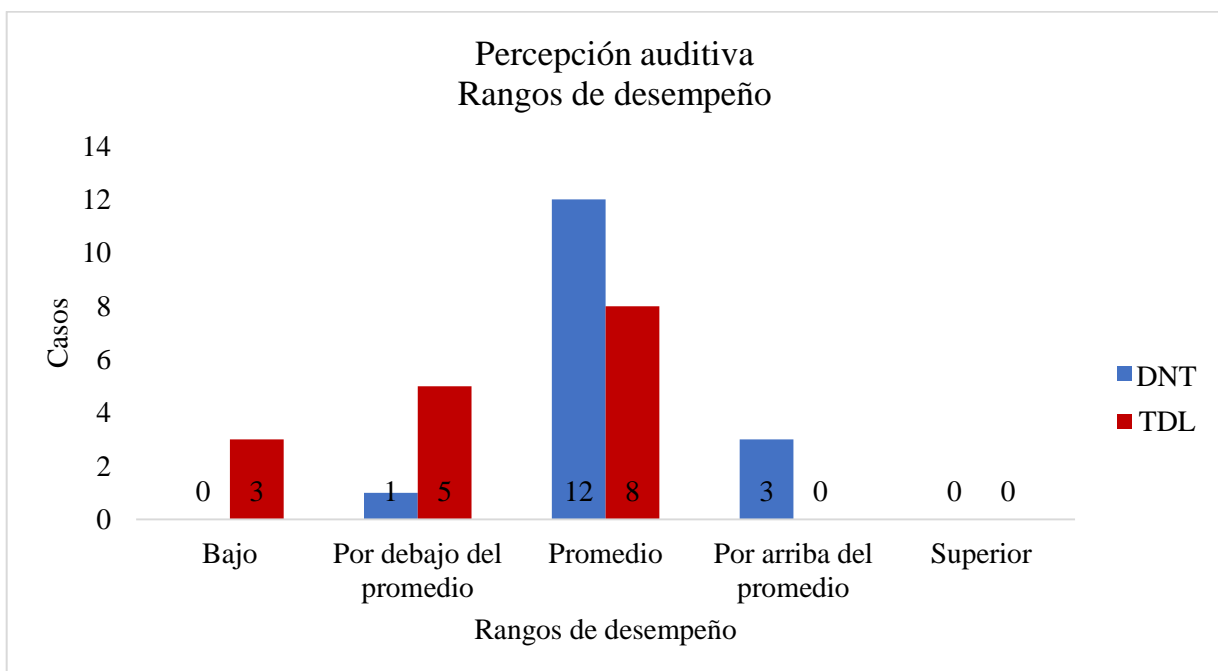
Considerando que las puntuaciones estándar de la prueba tienen una media de 100 y DE de 10, el grupo DNT cae dentro del promedio ($\bar{x} = 109.37$; DE = 11.95; $\tilde{x} = 110$), mientras que el grupo TDL se ubica en el límite entre valores promedio y promedio bajo ($\bar{x} = 88.37$; DE =

13.19; $\tilde{x} = 89$), tomando en cuenta la dispersión de los datos. La puntuación global obtenida por ambos grupos se encuentra en la media ($\bar{x} = 98.87$; DE = 16.34; $\tilde{x} = 100$).

Para un análisis más detallado, las puntuaciones estándar del subdominio de Percepción auditiva son susceptibles de clasificar el desempeño de los participantes en categorías superior (>70), por arriba del promedio (60-70), promedio (40-60), por debajo del promedio (30-40) y bajo (<30). A partir de los resultados de cada participante, se muestra la distribución de estos de acuerdo con categorías de desempeño (figura 14). Para el grupo DNT, 1 participante (3.12 %) se ubica en un rango de desempeño bajo, 12 (37.5%) en un rango promedio y 3 (9.37 %) se ubican por arriba del promedio. En cuanto el grupo TDL, 3 participantes (9.37 %) se ubican en un rango bajo, 5 participantes (15.62 %) por debajo del promedio y, por último, 8 participantes (25%) en el rango promedio.

Figura 14

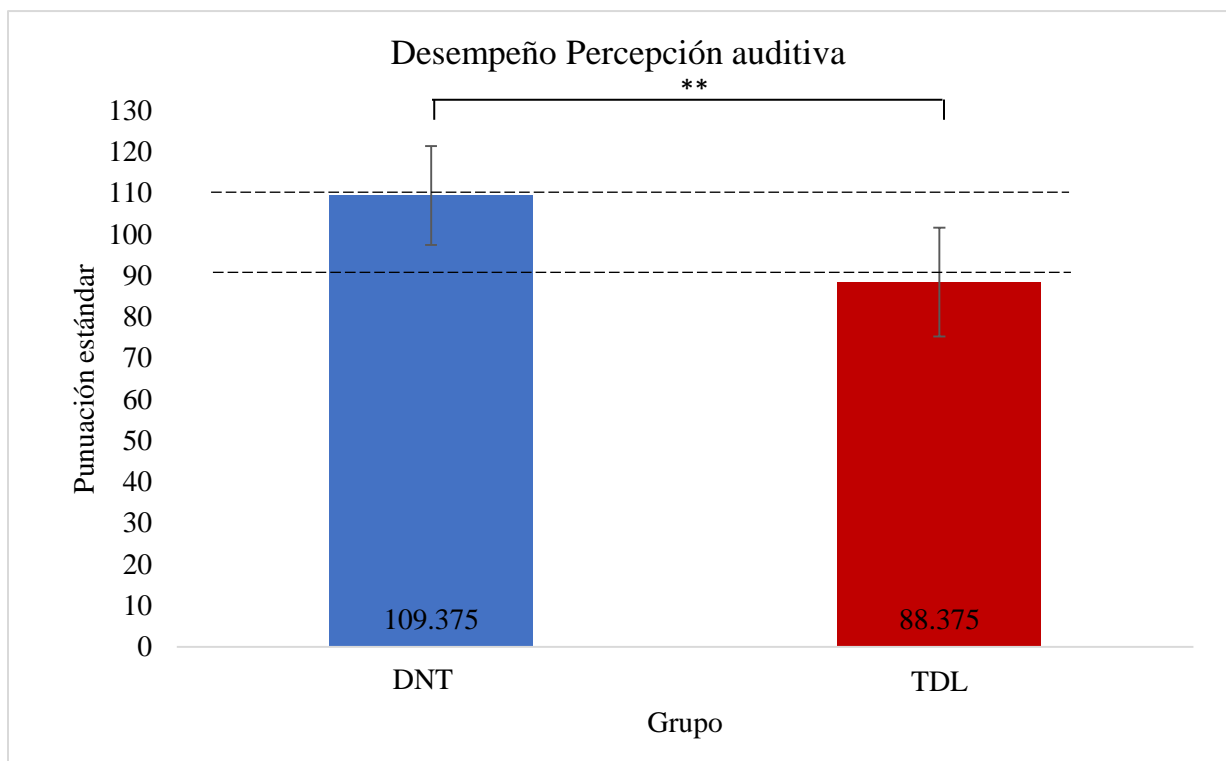
Distribución de los participantes de ambos grupos por su rango de desempeño en el subdominio de Percepción auditiva



La prueba U de Mann-Whitney para la comparación de dos muestras independientes arrojó como resultado que los puntajes en el subdominio de Percepción auditiva fueron significativamente menores en el grupo TDL ($\bar{x} = 88.375$) que en el grupo DNT ($\bar{x} = 109.375$), ($U = 28.500$, $z = -3.781$, $p < .01$) (figura 15; tabla 3). Como grupo, los niños del grupo DNT se ubican en la media de desempeño, mientras que los participantes del grupo TDL encuentran una DE por debajo de la ejecución esperada.

Figura 15

Diferencia de desempeño entre los grupos



Nota: DE= Desviación estándar; ** $p < .01$. Los datos son presentados en puntuación estándar. Las líneas discontinuas muestran el desempeño promedio, entre 90 y 110.

El tamaño del efecto, derivado mediante r de Rosenthal, fue grande ($r= 0.668$) (Cohen, 1992; 1988), es decir 25% de la varianza en el desempeño en Percepción auditiva se asocia con el grupo al cual pertenece el participante, distinguiendo a cada grupo.

6.2.1 Comparación del desempeño en subpruebas de percepción auditiva: notas musicales, sonidos ambientales y percepción fonémica

El estadístico U de Mann-Whitney para el contraste de los grupos en las pruebas que comprenden el subdominio de Percepción auditiva, arrojó como resultado que los puntajes del grupo TDL fueron significativamente menores para las tareas de Sonidos ambientales ($U = 24.000$, $z = -3.974$, $p < .001$) con un tamaño del efecto grande ($r= .703$) (Cohen, 1992; 1988), y Percepción fonémica ($U = 44.000$, $z = -3.257301$, $p = .001$) con un tamaño del efecto grande ($r = .576$) (tabla 4). Para la primera, los niños del grupo DNT se ubican en la media de desempeño ($\bar{x}= 11.063$), mientras que los participantes del grupo TDL encuentran aproximadamente a dos DE por debajo de la ejecución esperada ($\bar{x}= 6.375$). Para la tarea de Percepción fonémica ambos grupos se ubican en la media de desempeño (DNT $\bar{x}= 10.938$; TDL $\bar{x}= 8.938$), sin embargo, la diferencia entre ambos es significativa. No se encontraron diferencias significativas para la tarea de Notas musicales ($U= 103.500$, $z = -.968$, $p > .05$) con una media de 11.125 para el grupo DNT y de 10.563 para el grupo TDL (tabla 3).

Como se comentó en el apartado de instrumentos, también se tomaron en cuenta aspectos de cualificación de la ejecución con el objetivo de minimizar la demanda de respuesta verbal, lo cual es importante en esta población en específico. Las respuestas permitidas para la cualificación del desempeño fueron palabras semánticamente relacionadas y gestos o praxias directamente vinculadas con el sonido ambiental.

La información de la cualificación de las pruebas se analizó con U de Mann-Whitney para determinar la existencia de diferencias entre los grupos. De esta manera, los puntajes en la tarea de Sonidos ambientales cualificada no fueron estadísticamente distintos entre el grupo DNT ($\bar{x}=115.813$) y TDL ($\bar{x}= 106.125$), ($U= 104.000$, $z = -1.106$, $p=.269$). Sin embargo, las diferencias significativas se mantuvieron para el subdominio de Percepción auditiva con la cualificación del desempeño ($U=69.000$, $z = -2.244$, $p=.025$). El tamaño del efecto fue moderado ($r= 0.397$). Los hallazgos se resumen en la tabla 4 y en la figura 16.

Tabla 3

Valores y contrastes entre grupos para el subdominio de Percepción auditiva y sus tareas.

| Tareas | Grupo | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|--------|----------|---------|---------------|
| | DNT | | TDL | | U | p |
| | Media | (DE) | Media | (DE) | | |
| Percepción auditiva | 109.375 | (11.954) | 88.375 | (13.190) | 28.500 | .001** |
| - Notas musicales | 11.125 | (3.283) | 10.563 | (2.965) | 103.500 | .333 |
| - Sonidos ambientales | 11.063 | (2.112) | 6.375 | (2.963) | 24.000 | .001** |
| - Percepción fonémica | 10.938 | (2.174) | 8.938 | (2.515) | 44.000 | .001** |

Nota: DE= Desviación estándar; * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$.

Tabla 4

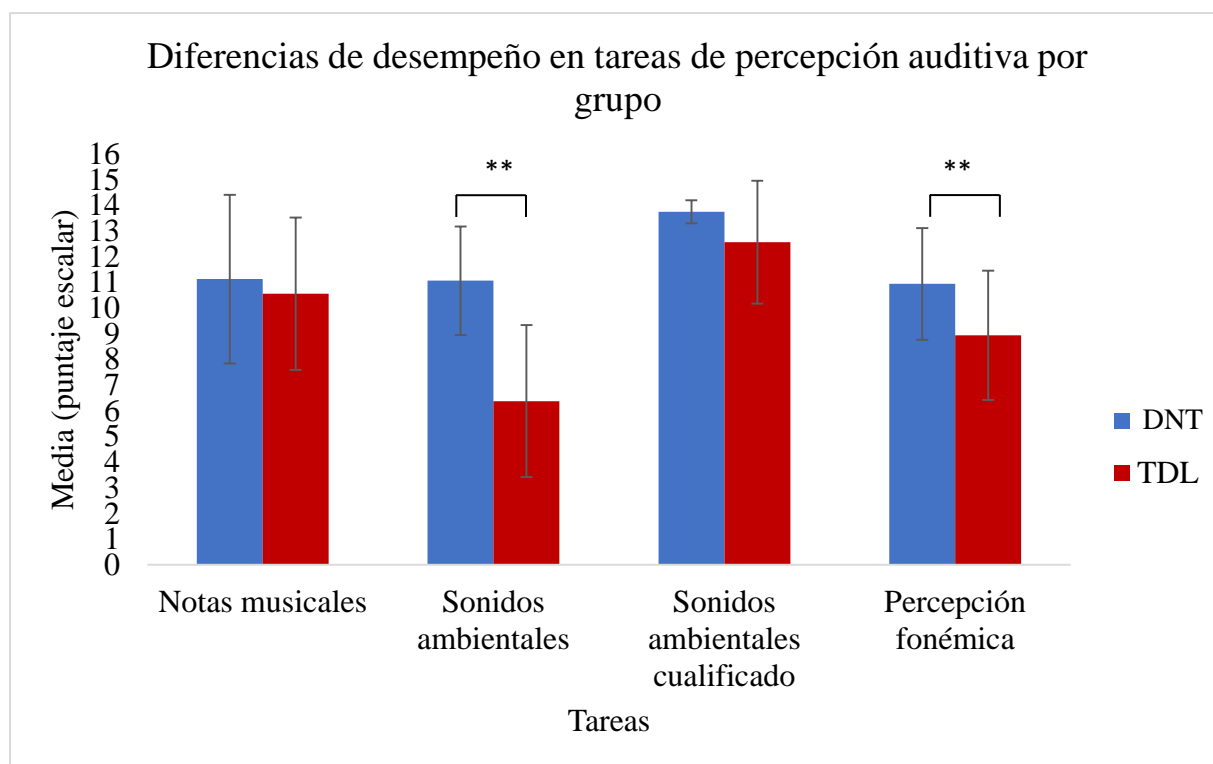
Valores y contrastes entre grupos para el subdominio de Percepción auditiva cualificada y la tarea de Sonidos ambientales cualificada.

| Tareas | Grupo | | | | | |
|-----------------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|--------------|
| | DNT | | TDL | | U | p |
| | Media | (DE) | Media | (DE) | | |
| Percepción auditiva cualificada | 115.813 | (10.160) | 106.125 | (13.351) | 69.000 | .025* |
| - Sonidos ambientales cualificada | 13.750 | (0.447) | 12.563 | (2.393) | 104.000 | .269 |

Nota: DE= Desviación estándar; * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$.

Figura 16

Diferencias de desempeño entre los grupos en las subpruebas de Percepción auditiva



Nota: se muestra la desviación estándar para cada una de ellas. * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

6.3 Comparación de índices ERD/ERS en banda theta derivaciones frontotemporales

Inicialmente, se realizó una ANCOVA de medidas repetidas de una vía para determinar la existencia de diferencias en el índice ERD/ERS en función de la condición de estimulación y entre ambos grupos, tomando como covariables el Coeficiente Intelectual Total y el Nivel Socioeconómico. No existieron valores extremos y los datos se distribuyeron normalmente en cada caso, como se valoró por medio de inspección visual y la prueba Shapiro-Wilk ($p > .05$). La condición de estimulación auditiva no resultó en diferencias estadísticamente significativas en el índice ERD/ERS intra-sujetos ni inter-sujetos para ninguna de las derivaciones. La tabla 5 muestra los resultados para cada derivación.

Tabla 5*Diferencias en índice ERD/ERS entre grupos y condiciones para la banda theta.*

| Derivación | Condición (tono/sílaba) | | Grupo (DNT/TDL) | | Condición x grupo | |
|------------|----------------------------|----------|--------------------|----------|-------------------|----------|
| | F | <i>p</i> | F | <i>p</i> | F | <i>p</i> |
| Fp1 | .001 | .981 | .947 | .339 | .181 | .674 |
| Fp2 | .017 | .898 | .427 | .519 | .000 | .995 |
| F3 | .000 | .992 | .111 | .741 | 2.964 | .096 |
| F4 | 1.073 | .309 | 1.635 | .212 | 3.791 | .062 |
| Fz | .260 | .614 | .752 | .393 | 3.083 | .090 |
| F7 | .323 | .574 | .014 | .907 | .429 | .518 |
| F8 | .960 | .336 | .011 | .916 | .080 | .779 |
| T3 | 2.589 | .119 | 1.183 | .286 | .617 | .439 |
| T4 | 1.544 | .224 | .037 | .848 | .175 | .679 |
| T5 | 2.718 | .110 | .405 | .529 | .020 | .890 |
| T6 | .000 | .991 | .354 | .557 | .000 | .994 |

*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Dado que se observó tendencia a la significancia en la derivación F4, en el análisis de la interacción condición por grupo, y con comportamiento similar en las derivaciones F3 y Fz, se decidió realizar un análisis exploratorio de los datos de estas. Para ello, se realizó MANCOVA de una vía para determinar el efecto del grupo sobre las medidas del índice ERD/ERS por cada condición de estimulación en estas derivaciones.

Para el tono, se encontraron patrones de desempeño significativamente distintos entre los grupos en la derivación F4 ($F(1, 28) = 4.400, p = .045$) con un tamaño del efecto pequeño ($d = .136$). Las derivaciones F3 y Fz no mostraron diferencias. Los resultados se muestran en la tabla 6, y en las figuras 17, 18 y 19.

En el caso del estímulo lingüístico, no se encontraron patrones de desempeño significativamente distintos entre los grupos en ninguna derivación. Los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 6

Medias, medias ajustadas, desviaciones y errores estándar para los índices ERD/ERS tono de las derivaciones de interés por cada grupo.

| Derivación | Grupo | | | | F | Sig. | η ² parcial |
|------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|-------|--------------|---------------------------|
| | DNT | | TDL | | | | |
| | Media (DE) | Media _{adj} (EE) | Media (DE) | Media _{adj} (EE) | | | |
| F3 | .013 (.077) | .036 (.026) | .061 (.090) | .068 (.026) | 2.177 | .067 | .115 |
| F4 | .019 (.083) | -.002 (.031) | .085 (.117) | .107 (.031) | 4.400 | .045* | .136 |
| Fz | .052 (.077) | .041 (.023) | .099 (.078) | .111 (.023) | 3.438 | .074 | .109 |

*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Tabla 7

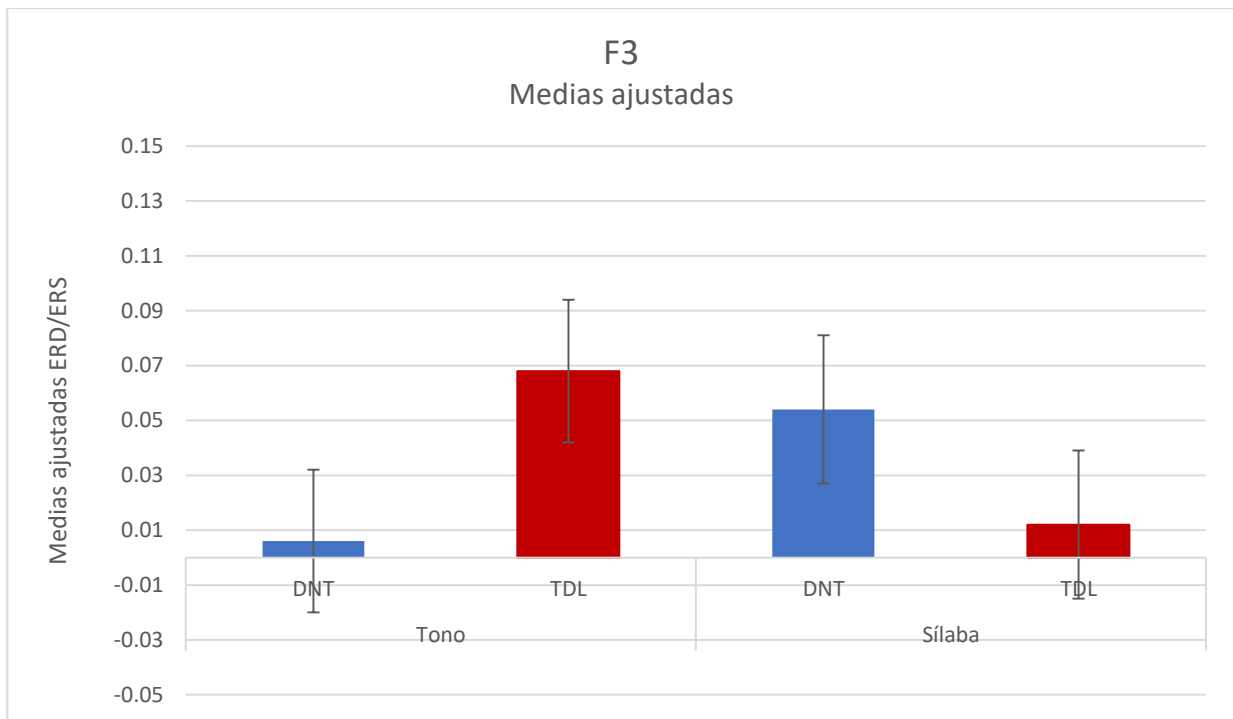
Medias, medias ajustadas, desviaciones y errores estándar para los índices ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés por cada grupo.

| Derivación | Grupo | | | | F | Sig. | η ² parcial |
|------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|------|------|---------------------------|
| | DNT | | TDL | | | | |
| | Media (DE) | Media _{adj} (EE) | Media (DE) | Media _{adj} (EE) | | | |
| F3 | .058 (.093) | .054 (.027) | .006 (.072) | .012 (.027) | .925 | .344 | .032 |
| F4 | .063 (.084) | .066 (.027) | .050 (.091) | .048 (.027) | .157 | .695 | .006 |
| Fz | .065 (.082) | .066 (.014) | .051 (.079) | .050 (.025) | .145 | .706 | .005 |

*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Figura 17

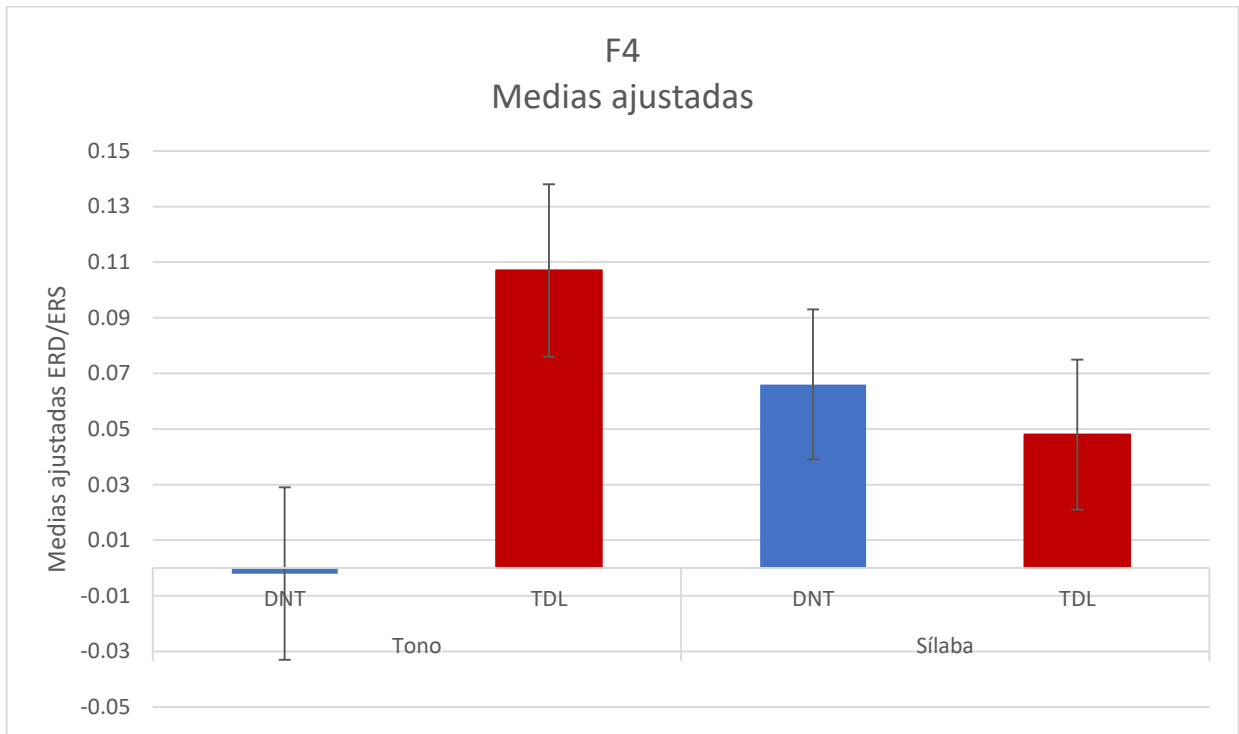
Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación F3.



Nota: se muestra el error estándar para cada una de las columnas.

Figura 18

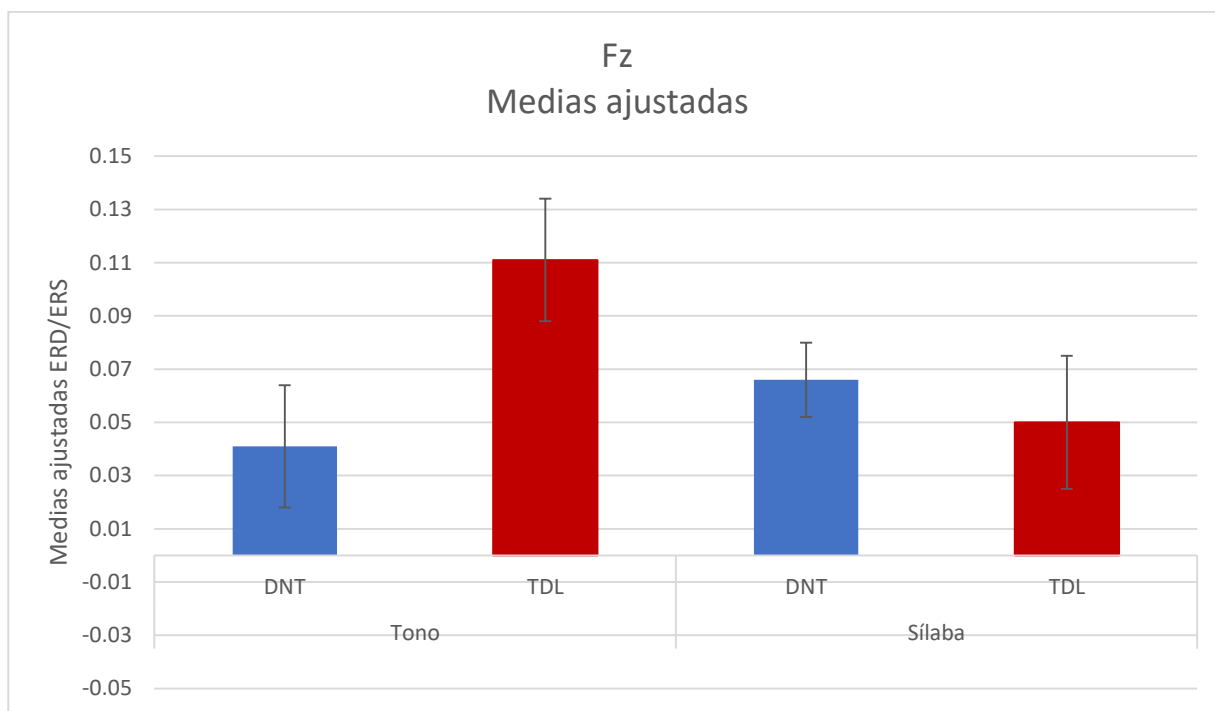
Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación F4



Nota: se muestra el error estándar para cada una de ellas.

Figura 19

Diferencias de desempeño entre condición entre los grupos (media ajustada) para la derivación Fz



Nota: se muestra el error estándar para cada una de ellas.

6.4 Relación entre el desempeño cognitivo en percepción auditiva y el índice ERD/ERS

A continuación, se presentan los resultados de la relación entre el desempeño cognitivo en tareas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS de cada uno de los grupos; cabe señalar que todas las correlaciones encontradas fueron moderadas (0.40 - 0.69) (Schober, Boer & Schwarte, 2018).

Para el grupo con DNT, se encontraron correlaciones negativas entre el índice ERD/ERS durante el tono con las tareas de percepción fonémica, el subdominio de percepción auditiva y el subdominio de percepción auditiva cualificado en derivaciones temporales (véase tabla 8), así como una tendencia a la significancia en la tarea de sonidos ambientales cualificado. En el caso de los resultados significativos, a medida que disminuye el índice ERD/ERS en derivaciones temporales, el desempeño de los niños en estas tareas mejora, lo que indica que

mientras menor sea el cambio en la potencia absoluta de la banda theta en estas derivaciones, tomando como referencia un momento pre-estimulación, el desempeño en pruebas cognitivas de percepción auditiva mejora.

El patrón de respuesta electrofisiológica durante la estimulación mediante tono se relaciona con regiones posteriores bilaterales de predominio izquierdo (figura 20).

En el caso de la sílaba, el grupo DNT muestra correlaciones negativas entre derivaciones frontales izquierdas (Fp1 y F3) con la tarea de notas musicales y el subdominio de percepción auditiva cualificada. Por otra parte, la tarea de sonidos ambientales muestra correlaciones positivas con las derivaciones F7 y T3 (véase tabla 9). Es importante mencionar la implicación de una red frontotemporal izquierda durante este tipo de estimulación (figura 20).

Tabla 8

Coefficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS tono de las derivaciones de interés, para el grupo DNT.

| Notas musicales | | Sonidos ambientales | | Sonidos ambientales cualificado | | Percepción fonémica | | Percepción auditiva | | Percepción auditiva cualificada | |
|-----------------|----------|---------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------------------|----------|
| Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> |
| T3 | | | | .438 [^] | .089 | | | | | | |
| T5 | | | | | | -.674** | .004 | -.644** | .007 | -.653** | .006 |
| T6 | | | | | | | | -.551* | .027 | | |

Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$. [^] se considera tendencia.

Tabla 9

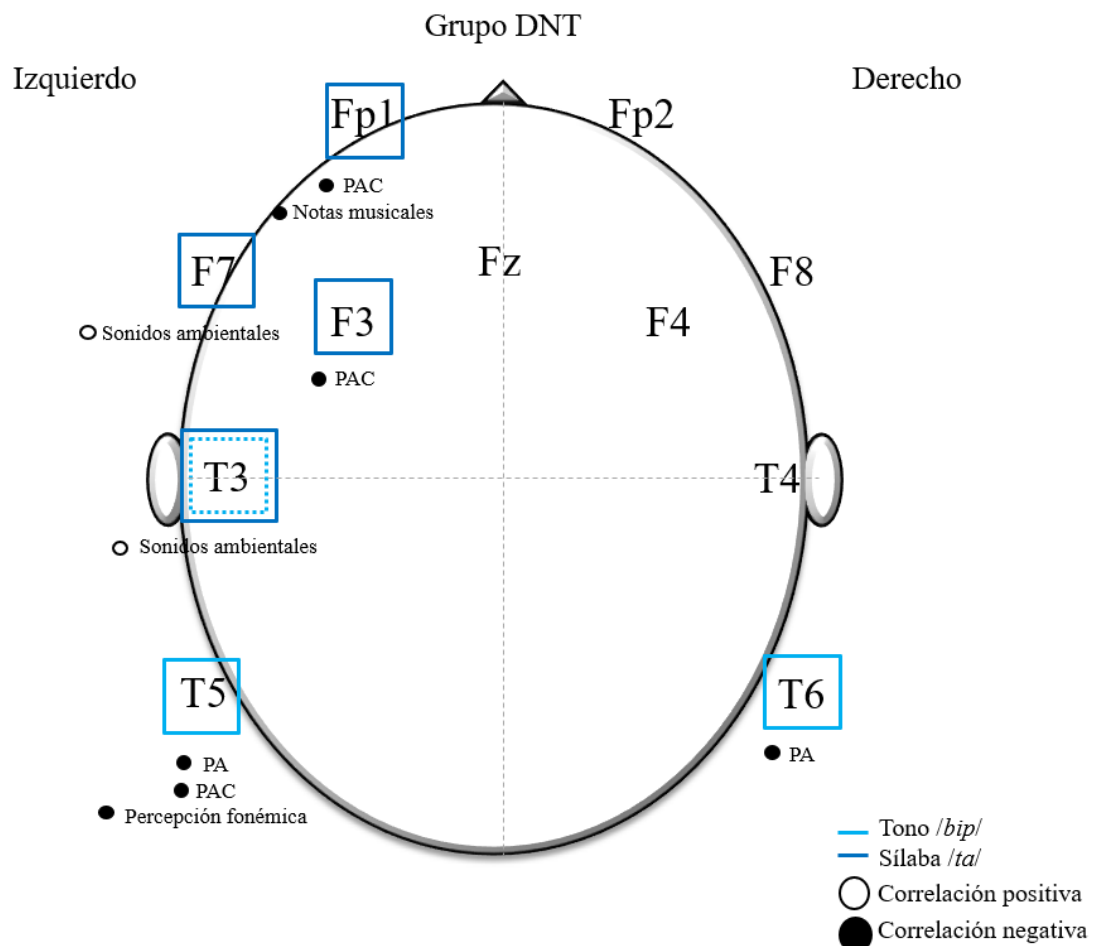
Coefficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés, para el grupo DNT.

| | Notas musicales | | Sonidos ambientales | | Sonidos ambientales cualificado | | Percepción fonémica | | Percepción auditiva | | Percepción auditiva cualificada | |
|-----|-----------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------------------|-------------|
| | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> |
| Fp1 | -.582* | .018 | | | | | | | | | -.557* | .025 |
| F3 | | | | | | | | | | | -.557* | .025 |
| F7 | | | .505* | .046 | | | | | | | | |
| T3 | | | .553* | .026 | | | | | | | | |

*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Figura 20

Resumen de correlaciones lineales estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre el desempeño en las subpruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS de la banda theta, en el grupo DNT



Nota: las líneas punteadas indican tendencia a la correlación. Los colores blanco y negro indican la dirección de la correlación (positiva-blanco; negativa-negro).

En el caso del grupo TDL, durante la estimulación auditiva con tono no se encontraron relaciones significativas con el desempeño en tareas cognitivas. Únicamente se encontró que la tarea de sonidos ambientales y el subdominio de percepción auditiva muestran tendencia a la correlación positiva con la derivación F3 (véase tabla 10). Es importante mencionar, que en

este grupo no se identificó el patrón de actividad temporal bilateral observado en el grupo DNT. Además, las tendencias encontradas son positivas, lo que indica que mientras mayor sea el cambio en la potencia absoluta de la banda theta en estas derivaciones, tomando como referencia un momento pre-estimulación, el desempeño en pruebas cognitivas de percepción auditiva mejora.

Tabla 10

Coefficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS tono de las derivaciones de interés, para el grupo TDL.

| | Notas musicales | | Sonidos ambientales | | Sonidos ambientales cualificado | | Percepción fonémica | | Percepción auditiva | | Percepción auditiva cualificada | |
|----|-----------------|----------|---------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> |
| F3 | | | .460 [^] | .073 | | | | | .470 [^] | .066 | | |

Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$. [^] se considera tendencia.

Por último, se encontraron relaciones entre la actividad eléctrica cerebral durante la estimulación auditiva lingüística con las tareas de sonidos ambientales y percepción fonémica en derivaciones frontales derechas (F4 y F8) y temporal izquierda (T5). También existe una tendencia a la relación entre la derivación F7 y la tarea de notas musicales (véase tabla 11). Todas las correlaciones y la tendencia son positivas lo que indica que, mientras mayor sea el cambio en la actividad eléctrica en estas derivaciones, identificado por el índice ERD/ERS, el desempeño en pruebas cognitivas de percepción auditiva mejora. La figura 21 resume las correlaciones identificadas.

Tabla 11

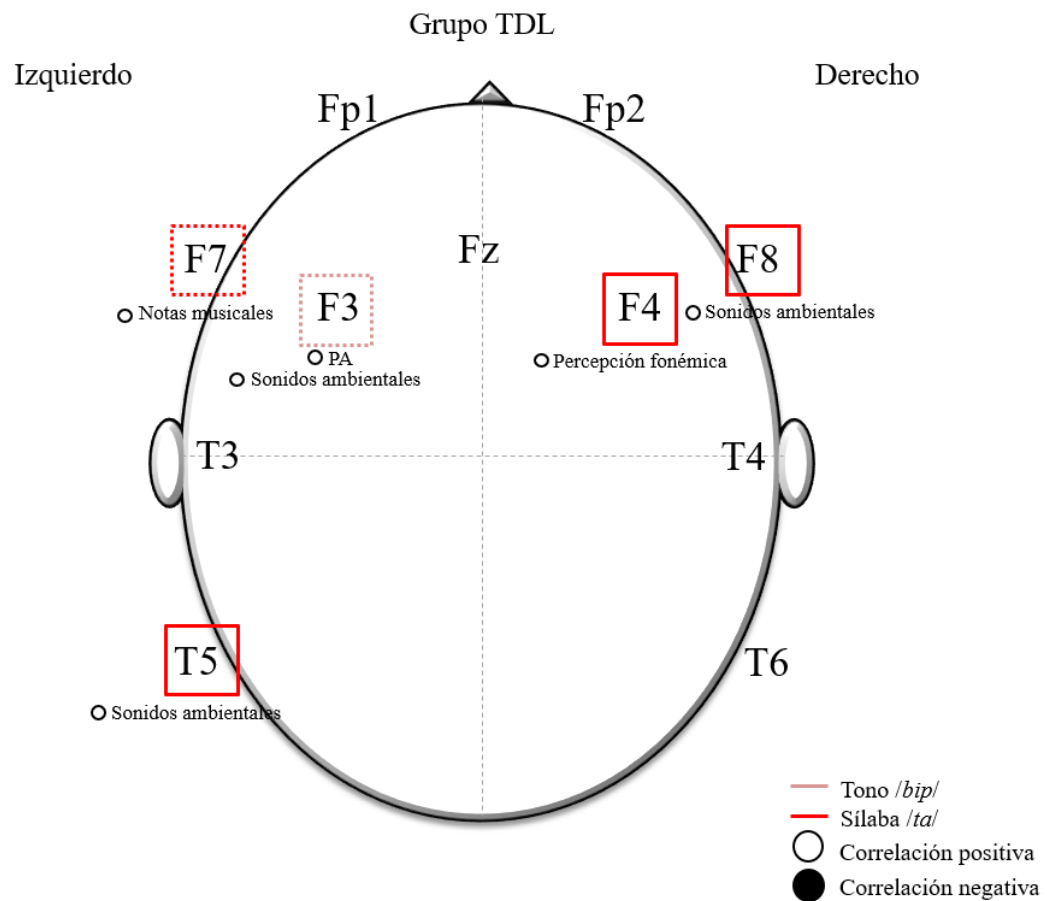
Coefficiente de correlación lineal entre el desempeño cognitivo en pruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS sílaba de las derivaciones de interés, para el grupo TDL.

| | Notas musicales | | Sonidos ambientales | | Sonidos ambientales cualificado | | Percepción fonémica | | Percepción auditiva | | Percepción auditiva cualificada | |
|----|-------------------|----------|---------------------|-------------|---------------------------------|----------|---------------------|-------------|---------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> | Rho | <i>p</i> |
| F4 | | | | | | | .506* | .046 | | | | |
| F7 | .484 [^] | .057 | | | | | | | | | | |
| F8 | | | .531* | .034 | | | | | | | | |
| T5 | | | .532* | .034 | | | | | | | | |

*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$. [^] se considera tendencia.*

Figura 21

Resumen de correlaciones lineales estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre el desempeño en las subpruebas de percepción auditiva y el índice ERD/ERS de la banda theta, en el grupo TDL



Nota: las líneas punteadas indican tendencia a la correlación. Los colores blanco y negro indican la dirección de la correlación (positiva-blanco; negativa-negro).

7. DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fue conocer las características cognitivas y electrofisiológicas, en banda theta, de la percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, de niños con Trastorno del Desarrollo del Lenguaje (TDL) en comparación con niños con Desarrollo Normotípico (DNT). Para ello, se realizaron pruebas cognitivas de percepción auditiva y se derivó el índice ERD/ERS para la banda de frecuencia theta (4-8 Hz) durante un paradigma de estimulación auditiva lingüística y no-lingüística.

Acorde a la hipótesis de trabajo se encontraron características diferenciales en la percepción auditiva de ambos grupos. En lo que respecta al desempeño cognitivo, las diferencias entre ambos se vinculan con la percepción auditiva de estímulos lingüísticos. Esto sugiere, de entrada, una posible alteración en la percepción auditiva de niños con TDL que puede ser observada por medio de la valoración conductual mediante pruebas neuropsicológicas básicas. Otros trabajos han sostenido que estas dificultades en la percepción lingüística son uno de los déficits primarios en niños con TDL y que pueden explicar el bajo desarrollo fonológico, las dificultades de producción de palabras y la baja comprensión de estas (Elmahallawi, Gabr, Darwish y Seleem, 2021). Los resultados obtenidos respecto al desempeño cognitivo se posicionan en línea con la literatura que indica que el ámbito lingüístico es el más afectado (McArthur & Bishop, 2004) y en contraste con aquellos trabajos que indican que el desempeño auditivo se encuentra disminuido tanto en el ámbito lingüístico como en el no-lingüístico (ej. Davids et al., 2011). De acuerdo con los trabajos de Uwer y colaboradores (2002), Serniclaes y colaboradores (2004) y Ziegler y colaboradores (2011; 2005), los hallazgos parecen apuntar a un déficit en la extracción de características fonológicas más que en aspectos del sonido general, lo que podría indicar que los procesos auditivos de bajo nivel se encuentran intactos, mientras que el procesamiento perceptual post-coclear sería el que mostraría diferencias en esta población (Ziegler, 2011). Es importante añadir que algunos fonemas parecen ser más complicados de percibir para la población con TDL. Este es el caso de lo que en fonética se conoce como plosivos u oclusivos, los cuales son consonantes pulmonares en las cuales el tracto vocal es bloqueado para que el flujo de aire cese (Coady et al., 2007). Dicha oclusión puede realizarse con la punta de la lengua (/t/, /d/), con el cuerpo de la lengua (/k/, /g/), con los labios (/p/, /b/) o con la glotis (/ʔ/). Existe una cantidad importante de estudios en niños con problemas de lenguaje que reportan las dificultades en la percepción de los fonemas oclusivos,

especialmente cuando se realizan de manera rápida y corta (Brandt & Rosen, 1980; Godfrey, Syrdal- Lasky, Millay, & Knox, 1981; Reed, 1989; Werker & Tees, 1987) como es el caso del presente estudio.

Si bien los resultados del desempeño cognitivo en las pruebas neuropsicológicas apuntan a la predominancia de dificultades para la percepción auditiva de estímulos lingüísticos, la exploración de la actividad electrofisiológica parece brindar nuevas pistas que presentan información importante sobre la dinámica cerebral en términos de tiempo y frecuencia, dos dimensiones fundamentales en la percepción auditiva y en el lenguaje (Friederici, 2011; Bishop, Hardiman, Uwer & Suchodoletz, 2007). Anteriormente, respuestas electrofisiológicas atípicas han sido registradas por otros estudios en población con TDL utilizando potenciales relacionados a eventos (Bishop & McArthur, 2004; Pihko, et al., 2008; Bishop, Hardiman, Uwer & Von Suchodoletz, 2007; McArthur, Atkinson & Ellis, 2009), y más recientemente magnetoencefalografía (Van Bijnem, et al., 2019), así como en población con dislexia, entidad con la que se sugiere el TDL comparte etiología genética (Mittag, Larson, Clarke, Taulu & Kuhl, 2021).

Por un lado, se encuentra un patrón de diferencias en el procesamiento auditivo de estímulos lingüísticos contra aquellos no-lingüísticos en el grupo DNT, en línea con modelos teóricos (Poeppel, 2015; Hickok y Poeppel, 2007) y trabajos que ponen de manifiesto que los procesamientos auditivos son observables cerebralmente como actividad diferenciada en función de la cualidad del estímulo (Stevens et al., 2012). Las diferencias se observan en regiones frontales bilaterales (Fp1 y F4) y temporal derecho (T6) con un patrón mixto de sincronización/desincronización para el tono y mostrando únicamente sincronización durante la percepción de la sílaba, con una secuencia anteroposterior. Tomando esto como antecedente de una respuesta cerebral esperada, los cambios observados en el grupo TDL son similares topográficamente hablando, pero con una dinámica cerebral distinta.

A partir de estos resultados, es posible identificar diferencias esperadas y características del procesamiento auditivo en función de la cualidad del estímulo en población normotípica, que muestran diferencias en el grupo TDL, así como se han encontrado otros patrones atípicos en esta población con otras medidas neuroanatomofisiológicas (Leonard et al., 2002; de Guibert et al., 2011; Badcock, Bishop, Hardiman, Barry & Watkins, 2012).

En tanto los estímulos auditivos no-lingüísticos, los resultados arrojan que ambas poblaciones responden distinto. Las diferencias son observables en regiones F4, T3 y T5, donde no se observa la sincronización esperada en los niños TDL, sino que estos parecen presentar una respuesta más intensa al involucrar un mayor número de grupos neuronales en el procesamiento de la señal auditiva.

Por su parte, ante el estímulo lingüístico, la región F3 responde de forma distinta a lo esperado, mostrando un patrón que pareciera tratarse de una respuesta tardía, por lo que, en este caso, el tiempo de respuesta es importante.

En este sentido, el desempeño del grupo DNT se caracterizó, de manera general, por un menor índice ERD/ERS con tendencia a la desincronización, mientras que el grupo TDL mostró un patrón de sincronización importante, respuestas tardías y una cantidad mayor de ensambles neuronales respondientes ante la estimulación.

Tomando en cuenta lo anterior, las diferencias encontradas pueden ser descritas en función de: 1. la topografía, 2. el tiempo, 3. la lateralización y 4. el patrón de sincronización / desincronización.

Con respecto a la topografía, se encontró un involucramiento importante de regiones frontales en ambos grupos durante la percepción auditiva de cualquier clase de estímulo. Esto en contraste con lo esperado a partir del modelo de ruta dual (Papel, 2015; Hickok y Popper, 2007) que menciona que la red de análisis espectral de los sonidos y la red fonológica se relacionan predominantemente con el giro y el surco temporal superior bilateral. Sin embargo, fuera de las clásicas regiones temporales involucradas en el procesamiento auditivo, también se ha documentado el papel de las regiones frontales y prefrontales en el proceso (Nenadovic, et al., 2014; Munoz-Lopez & Kikuchi, 2016). Por ejemplo, en modelos animales se ha comprobado que el área 10, áreas dorsolaterales y ventrolaterales prefrontales reciben aferencias importantes de regiones auditivas secundarias del lóbulo temporal (Medalla et al., 2007; Plakke & Romanski, 2014; Romanski et al., 1999; Rauschecker, 2018). Específicamente, se ha señalado el papel de las regiones frontales inferiores (Bidelman & Myers, 2020) o regiones ventrales del giro precentral (Tanji, Sakurada, Funii, Matsuda, Kayama, Ito & Suzuki, 2015) en la percepción de sílabas y se ha destacado la función de retroalimentación “*top-down*” hacia el lóbulo temporal (Bidelman & Myers, 2020). Estas áreas frontales inferiores y ventrolaterales, parecen involucrarse en aspectos de procesamiento fonológico (Strand et al., 2008), semántico (Burton et al., 2003; Friederici, 2012), sintáctico (Wilson et al., 2012;

Friederici, 2012; van der Lely & Pinker, 2014), léxico (Tranet et al, 2003), discriminación fonológica (Siok et al. 2003; Vaden et al, 2013) y atención auditiva (Hill & Miller, 2010), así como para la ejecución fluida del lenguaje (Tanji et al., 2015), en relación con la existencia de una interfaz sensoriomotora (Luria, 1977; Hickok & Poeppel, 2007).

Coincidentemente, en el TDL las anormalidades estructurales también se han reportado en la corteza frontal inferior izquierda (Badcock et al., 2012) que, si bien forma parte de la vía dorsal, también parece estar involucrada en el procesamiento de aspectos más básicos de los estímulos auditivos (Hickok & Poeppel, 2007). No se tienen claros los aspectos funcionales de las áreas frontales en niños con TDL, principalmente porque se carece de estudios en niños normotípicos que permitan hacer una comparación prudente partiendo de una línea base de normalidad (Parisse & Maillart, 2009). Otro aspecto relevante por considerar en el funcionamiento de áreas frontales en niños con TDL es el probable desarrollo anormal de vías de materia blanca, especialmente del fascículo longitudinal superior e inferior (Vydrova et al., 2015) que comunican áreas temporales y frontales. Esto, podría ser clave para comprender el involucramiento diferencial de regiones frontales en ambas poblaciones, en tanto el involucramiento de estas parece diferenciarse sobre todo en el tiempo de respuesta, en el caso de la sílaba.

Respecto a la lateralización funcional, en el grupo DNT, F4 parece constituirse como un nodo importante para la discriminación cualitativa del estímulo auditivo (tono/sílaba) (Bidelman & Myers, 2020). Esto no se observa en el grupo TDL donde F3 parece relacionarse más con dicha función. La distribución topográfica atípica, se puede relacionar con reportes de lateralización anómala en áreas relevantes para el lenguaje (Mehta et al., 2015; de Guibert et al., 2011; Kujala & Leminen, 2017), tanto de regiones temporales (Leonard et al., 2002) como frontales (Badcock et al., 2012; Nenadovic et al., 2014). La lateralización cerebral atípica de respuestas cerebrales ante estimulación auditiva en niños con TDL, el denominado “efecto de lateralidad” (Bishop et al., 2007; de Guibert et al., 201), es consistente con muchos otros estudios que reportan una lateralización cerebral anómala en casos de TDL, utilizando medidas de morfología (Gauger, Lombardino & Leonard, 1997; De Fossé, Hodge, Makris, Kennedy, Caviness, McGrath, Steele, Ziegler, Herbert, Frazier, Tager-Flusberg & Harris, 2004; Herbert, Ziegler, Deutsch, O’Brien, Kennedy, Filipek, Bakardjiev, Hodgson, Takeoka, Makris & Caviness, 2005) o funcionales con PRE (Mason & Mellor, 1984; Dawson, Finley, Phillips & Lewy, 1989; Chiron, Pinton, Masure, Duvelleroy-Hommet, Leon & Billard, 1999; Shafer,

Schwartz, Morr, Kessler & Kurtzberg, 2000). En otros estudios (Bishop et al., 2007), también se hace referencia a que un retraso de maduración de comisuras cerebrales en la transmisión de información interhemisférica pudiera ser una explicación de las diferencias de lateralización. Esta hipótesis se ha solidificado a partir de estudios que observan que la respuesta electrofisiológica de adolescentes con TDL es mucho más parecida a la de niños más pequeños con desarrollo normotípico que a la de controles de su misma edad (McArthur y Bishop, 2005). Es importante recordar que, fuera del clásico modelo de procesamiento lingüístico (Hickok y Poeppel, 2007), el hemisferio derecho muestra una entrada auditiva de velocidad lenta (silábica) (~ 3–7 Hz) y el izquierdo una entrada auditiva de frecuencia rápida (fonémica) (~ 12–50 Hz) por lo que, para ciertos procesos del lenguaje (por ejemplo, procesamiento fonológico), ambas características temporales deben estar integradas. Esta naturaleza dinámica de la asimetría cerebral debe tenerse en cuenta al señalar diferencias hemisféricas en relación con el lenguaje y el procesamiento auditivo, y hacer ver que las conexiones interhemisféricas probablemente jueguen un papel crucial (van Birjen, 2019).

Con respecto al patrón de sincronización/desincronización y a la intensidad de respuesta, el grupo TDL muestra actividad electrofisiológica significativamente más sincronizada durante la percepción de estímulos auditivos no-lingüísticos (Güntekin et al., 2020), especialmente en regiones temporales del hemisferio izquierdo (van Bijnen et al., 2019) y frontales derechas, mientras que los niños con DNT muestran respuestas más tendientes a la desincronización. La marcada tendencia a la sincronización observada en el grupo TDL se traduce en mayor proporción de grupos neuronales activados en frecuencia theta ante la presentación del estímulo auditivo. Tomando en cuenta que el decremento en la amplitud de la respuesta refleja un procesamiento auditivo más automatizado (Piarvainen et al., 2011), es lógico que respuestas incrementadas se hayan relacionado con peor desempeño en poblaciones con trastornos del lenguaje (van Bijnen, et al., 2019), especialmente cuando se registra en regiones frontales (Nenadovic y colaboradores, 2014) como en el presente trabajo. De igual manera, respuestas electrofisiológicas inusualmente grandes, especialmente en el hemisferio derecho, ante estimulación auditiva con la sílaba /ga/ se han encontrado en niños pequeños que, posteriormente, puntuaron con dificultades lingüísticas receptivas (Guttorm et al., 2005).

Al respecto, las diferencias en la actividad eléctrica cerebral de niños con TDL han sido explicadas a partir de tres hipótesis principales (Bishop et al., 2007). La primera se relaciona

con una organización funcional cerebral atípica debido a causas genéticas que condiciona problemas en ámbitos cognitivos, como el lenguaje. La segunda hipótesis, se presenta como una alternativa epigenética que indica que las diferencias cerebrales son más bien consecuencia del trastorno del lenguaje a partir de que la señal ambiental no está siendo significativa y por ende el desarrollo funcional es aberrante. Por último, la hipótesis del retraso madurativo sostiene que las diferencias electrofisiológicas en respuestas auditivas de niños con TDL en contraste con niños con DNT, son un indicador de inmadurez del neurodesarrollo, en lugar de una diferencia estable que subyace en la estructura cerebral (Bishop et al., 2007; van Bijnjen, et al., 2019). Ya que se ha mencionado en la literatura que las respuestas relacionadas a eventos en la banda de frecuencia theta, son uno de los indicadores más importantes de maduración del cerebro saludable y que presentan cambios en función de la edad (Güntekin et al., 2020), los hallazgos del presente estudio podrían vincularse con la hipótesis de ineficiencia neural por inmadurez, donde el desempeño cognitivo eficiente se relacionaría con una menor activación cortical (Michels et al., 2013; Gilmore et al., 2018; Fraga-González et al., 2016; Michels et al., 2013; Adibpour, 2020). Aunque, la actividad incrementada también ha sido reportada por otros estudios como un mecanismo compensatorio ante los déficits de procesamiento fonológico (van Bijnjen, 2019). Hallazgos similares se han reportado en niños con dislexia (Lohvansuu, 2014).

En términos del tiempo, el presente trabajo muestra relación con estudios previos donde la variable tiempo ha sido considerada (ej. Potenciales Relacionados a Eventos) y las diferencias intergrupales se han reportado, sobre todo, en el intervalo entre los 100 y 300 ms (Bishop y McArthur, 2005; Bishop et al., 2007; van Bijnjen, et al., 2019), lo que se conoce como respuestas auditivas de latencia tardía, que reflejan funcionalmente la discriminación acústico-fonémica y el procesamiento cortical del estímulo (Friederici, 2011; Joos et al., 2014). Específicamente, las respuestas parecen ser más tardías durante el procesamiento de estímulos auditivos lingüísticos en el grupo TDL.

Es de especial relevancia que al realizar análisis que no toman en cuenta la dimensión temporal de la dinámica cerebral en banda theta, no se observan diferencias estadísticamente significativas en la respuesta electrofisiológica por medio del índice ERD/ERS, entre los grupos, durante estimulación auditiva o entre las condiciones de estimulación. En este caso, únicamente se observan algunas tendencias a la diferencia en regiones frontales. Se cree que la ausencia de significancia estadística se debe a la tendencia a promediar la actividad cerebral en

el tiempo, lo que impide un análisis más minucioso ((Pfurtscheller & Lopes, 1999; Tallon-Baudry & Bertrand, 1999; Tóth, Kocsis, Urbán & Winkler, 2016).

Sin embargo, al optar por un análisis tiempo-frecuencia más fino y, por tanto, más adecuado para el estudio de las variables involucradas (Hosseini et al., 2015; Tallon-Baudry & Bertran, 1999), sacando mayor partido de la alta resolución temporal del EEG para el estudio de los componentes perceptuales del lenguaje en tiempo real (Destoky et al., 2019), sí se encuentran características diferenciadoras significativas entre ambos grupos.

En cuanto a la relación de la actividad eléctrica cerebral con el desempeño cognitivo, se encuentra que existieron patrones distintos entre los grupos en cuanto a las regiones relacionadas con la consecución de las pruebas cognitivas. Estos patrones fueron disimiles entre los grupos en función de la topografía y la dirección de la relación entre la actividad cerebral y el desempeño en las pruebas cognitivas. Fue posible observar que, en el grupo DNT, el desempeño perceptual auditivo no-lingüístico se relaciona con regiones temporales bilaterales, mientras que la percepción auditiva lingüística se relaciona con regiones temporales del hemisferio izquierdo, tal como lo señala el modelo de Hickok y Poeppel (2007). De igual forma, ante un menor cambio de potencia entre un momento sin estimulación en comparación con el momento durante la estimulación, el desempeño en pruebas cognitivas de percepción auditiva es mejor (excepto en las derivaciones F7 y T3, donde la correlación obtenida es positiva), mientras que en el grupo TDL, es un mayor cambio en la potencia lo que se relaciona con un mejor desempeño. Esto nuevamente podría relacionarse con la hipótesis de eficiencia neural y ser indicativo de que para los niños con TDL es necesario reclutar un mayor número de grupos neuronales para realizar la tarea (Buzsáki, 2006; Pfurtscheller & Lopes da Silva, 1999; van Bijnjen, et al., 2019). Las diferencias en las direcciones de las correlaciones encontradas entre el desempeño cognitivo y la actividad eléctrica por grupo, también parece coincidir con la hipótesis de eficiencia neural que indica que el desempeño cognitivo se relaciona con una menor activación cortical (Michels et al., 2013; Adibpour, 2020; van Bijnjen, et al., 2019) en función de la maduración cerebral (Michels et al., 2013; Uhlhaas et al., 2009). Este decremento parece atribuirse a mecanismos de organización cortical y poda neural, en la medida en que redes corticales más eficientes se establecen en el desarrollo (van Bijnjen et al., 2019). Lo anterior, ocasiona que no se observe el típico patrón de desarrollo en el EEG que involucra un decremento en la potencia de ritmos de baja frecuencia (como theta) y el incremento de ritmos de alta frecuencia (Matousek & Petersen, 1973; Harmony et al., 1990;

Brito, Fifer, Myers, Elliott & Noble, 2016).

La significancia clínica de los patrones electrofisiológicos atípicos es aún un tema de debate en la literatura de investigación debido a que el vínculo entre respuestas electrofisiológicas atípicas y dificultades de discriminación en tareas cognitivas no ha sido establecido completamente. En algunos casos, no se ha encontrado un peor desempeño en algunos estudios (McArthur y Bishop, 2005; Bishop et al., 2007) mientras que en otro sí (Neville et al., 1993). El presente estudio se encuentra en línea con los últimos, pudiendo argumentar que los patrones distintos de actividad eléctrica se relacionan con las habilidades de discriminación auditiva, especialmente lingüística. Los resultados apoyan la hipótesis de que una activación cortical más fuerte, sostenida y tardía en el tiempo durante los primeros 300 ms tras la estimulación es indicativo de habilidades lingüísticas menos eficientes. Por lo que se apoya la noción de que una posible disfunción de mecanismos oscilatorios en bandas de baja frecuencia como theta, podría relacionarse con alteraciones del lenguaje como el TDL (Giraud & Poeppel, 2012). Esto podría dar cuenta del mosaico de funcionamiento cognitivo y lingüístico de los niños con TDL, en el marco de un desarrollo alterado del análisis auditivo lingüístico, pero en ausencia de un déficit auditivo clínicamente significativo. Por último, es importante mencionar que las correlaciones presentadas son exploratorias y deben tomarse con precaución debido al tamaño pequeño de la muestra estudiada, con el fin de evitar errores tipo 1 (Coolican, 2014)

En resumen, ambos grupos parecen tener una organización funcional distinta y, por ende, un patrón de procesamiento diferencial, en la percepción auditiva de estímulos lingüísticos y no-lingüísticos. Aunque no es posible, a partir de los hallazgos de este estudio, determinar que el déficit de percepción auditiva sea la causa de las alteraciones lingüísticas observadas (Tallal & Piercy, 1973a), sí es posible sostener que, para esta muestra, se presenta menor eficacia en la percepción auditiva en el grupo TDL, lo que podría ser un marcador clave para comprender y tratar el trastorno. Dado que no existen antecedentes en la literatura del uso del índice ERD/ERS para el estudio de estas variables, el presente trabajo constituye una base que puede guiar futuros proyectos en este sentido. El análisis realizado de actividad inducida con EEG utilizando medidas de ERD/ERS es una herramienta valiosa para develar diferencias entre los grupos o condiciones que apoya algunos antecedentes de diferencias en medidas electrofisiológicas encontradas en la población con TDL tanto en condiciones basales (Mehta et al., 2015; Lévy-Rueff et al., 2012) como de estimulación auditiva (Kujala & Leminen, 2017; Bishop, 2007).

Algunas características de la muestra, como aspectos de lateralidad, nivel socioeconómico (NSE) y coeficiente intelectual pueden ser relevantes en los resultados obtenidos.

Sobre el primer aspecto, se identificaron tres casos con lateralidad manual no consolidada en el grupo de niños con TDL, correspondientes al 18.75% del grupo. En el desarrollo normotípico, la lateralidad manual y el lenguaje son dos características humanas que muestran asimetría anatomofuncional, con una preferencia en la mayoría de los casos por el hemisferio izquierdo (Hickock & Poeppel, 2007; Friederici et al., 2017; Häberling, Corballis & Corballis, 2016). La observación de problemas de neurodesarrollo, específicamente de lenguaje, y diferencias de lateralidad manual tiene una larga historia (Bishop, 1990; Stemmer, 2015). Actualmente se cree que una causa genética podría ser el vínculo filogenético y ontogenético que subyace a ambos a partir de una especialización hemisférica atípica (Ocklenburg, Beste, Arning, Peterburs & Güntürkün, 2014; Brandler & Paracchini, 2014; Pope, Tagliatela, Skiba & Hopkins, 2018; Vingerhoets, Alderweireldt, Vandemaele, Cai, Van der Haegen, Brysbaert & Achten, 2013; Tabiowo & Forrester, 2013). En el caso del TDL, este patrón de lateralización lingüística atípico es una de las características neuroanatómicas más robustas reportadas por la literatura (Bishop, 2013) y podría estar relacionado con una consolidación de lateralidad manual distinta o con un retraso madurativo en la misma (Ullman, 2004; Grey, Tanner & van Hell, 2017; Szaflarski, Rajagopal, Altaye, Byars, Jacola, Schmithorst, Schapiro, Plante & Holland, 2012). Sin embargo, no todos los estudios han encontrado una correlación entre estos factores (Bishop, 1990; Pigdon, Willmott, Reilly, Conti-Ramsden, Liegeois, Connelly & Morgan, 2020; Somers, Shields, Boks, Kahn & Sommer, 2015).

Por otro lado, el NSE mostró diferencias entre grupos por lo que se utilizó como covariable en los análisis estadísticos de las variables principales. Es importante considerar que el NSE es un predictor del desarrollo cognitivo general (Hackman & Farah, 2009; Brito, Fifer, Myers, Elliott & Noble, 2016; Leijser, Siddiqi & Miller, 2018; Webb, Janus, Duku, Raos, Brownell, Forer, Guhn & Muhajarine, 2016), especialmente del lenguaje en todos sus dominios (Farah, 2017; Noble, McCandliss & Farah, 2007; Dolean, Melby-Lervåg, Tincas, Damsa & Lervåg, 2019). En tareas de percepción auditiva lingüística, Boles (2011) encontró una correlación positiva entre el NSE y la activación de regiones frontales en tareas de percepción de rimas en niños de 5 años. Conant y colaboradores (2017) reportaron que el NSE modera la relación entre actividad cerebral y discriminación fonémica y predice la activación de regiones frontales inferiores izquierdas durante estas tareas, promueve diferencias en el procesamiento auditivo

del lenguaje en etapas tempranas de la vía auditiva (Se et al., 2013) y media la respuesta electrofisiológica ante violaciones sintácticas (Pakulak & Neville, 2010).

Cerebralmente, el NSE se relaciona positivamente con el grado de especialización hemisférica en regiones frontales inferiores izquierdas (Raizada, Richards, Meltzoff & Kuhl, 2008), con la actividad (Tomarken et al., 2004) y la maduración de estas (Otero et al. 1997; Brito, Fifer, Myers, Elliott & Noble, 2016; Cantiani, Piazza, Mornati, Molteni & Riva, 2019; Gao et al., 2015).

Si bien se cree que la relación entre desarrollo cognitivo y NSE esta mediada por alteraciones anatomofuncionales cerebrales en el contexto de una plasticidad cerebral sensible a las condiciones medioambientales (Leijser, Siddiqi & Miller, 2018; Musacchia, Ortiz-Mantilla, Choudhury, Realpe-Bonilla, Roesler & Benasich, 2017) es importante no perder de vista que también existen otros factores psicosociales relacionados con un bajo NSE que pueden tener impactos indirectos en el desarrollo, como el bajo acceso a servicios de salud, desnutrición, niveles altos de estrés ambiental, violencia, ausentismo escolar y baja estimulación paterna (Boles, 2011; Zauche, Thul, Mahoney & Stapel-Wax, 2016; Musacchia, Ortiz-Mantilla, Choudhury, Realpe-Bonilla, Roesler & Benasich, 2017).

Con respecto al CI, tanto las diferencias en la tarea de Vocabulario como en la escala de Comprensión verbal eran esperadas a partir de las características del trastorno y los criterios de inclusión para la conformación de los grupos. Por estas mismas razones, no se encontraron diferencias significativas entre las puntuaciones de la escala de Razonamiento perceptual entre los grupos.

Los hallazgos en CIT entre los grupos son atribuibles a las diferencias entre la dimensión lingüística de la prueba, encontrándose el grupo TDL en promedio una desviación estándar por debajo de la media. Aunque las escalas Wechsler (Wechsler, 2002; Wechsler, 2005) cuentan con un rango promedio de puntuaciones entre 85 y 115 puntos (media= 100; DE= 15) y un intervalo adicional de 5 puntos (80-120) para la determinación de otras poblaciones clínicas (límite y superior, respectivamente), su utilización para la investigación en TDL ha sido más o menos arbitraria. Algunos autores anglosajones en el pasado utilizaron rangos “estrechos” que tomaban en cuenta puntuaciones mínimas de 85 (Tomblin, 1997; Leonard, 1998) o de 80 (Tomblin et al., 1996). En las décadas del 2000 y 2010, la gran mayoría de investigaciones aplicó puntos de corte más amplios desde los 70 puntos (Bishop, 2014). Aunque la utilización

de un parámetro de exclusión a partir del CIT o CI perceptual, se utiliza principalmente en investigación y busca caracterizar el trastorno de la manera más homogénea posible, dejando de lado otros posibles trastornos del neurodesarrollo, actualmente existe la tendencia a la desaparición de criterios rígidos que tomen en cuenta puntos de corte de CIT o Razonamiento perceptual y existe un interés creciente por la identificación de condiciones diferenciadoras, factores de riesgo y condiciones comórbidas para la determinación del diagnóstico (Bishop et al., 2016; Bishop et al., 2017).

Debido a las dificultades fonológicas y lexicales a nivel expresivo de los niños con TDL (Bishop et al., 2017), adicionalmente a las puntuaciones naturales en las pruebas de percepción auditiva de sonidos ambientales, se tomaron en cuenta aspectos de cualificación de la ejecución con el objetivo de minimizar la demanda de respuesta verbal, lo cual es importante en esta población en específico. En este sentido, se trató de realizar una calificación más funcional para los niños con dificultades (Rourke & Fuerst, 1992) con una mayor validez ecológica (Franzen & Wilhelm, 1996) mediante la asimilación de las competencias ambientales del paciente en su vida diaria para compensar las dificultades lingüísticas. Esta aplicación, de corte clínico neuropsicológico, se toma en consideración en algunas baterías dirigidas a niños en edad preescolar (Ostrosky, Lozano & González, 2016) debido al bajo nivel de desarrollo lingüístico que puede impactar la realización de las tareas y brindar resultados falsos. También se utiliza en poblaciones con patología cerebral (Ostrosky & Ardila, 1991). La utilización de estas medidas es congruente con el enfoque de valoración dinámico (Vygotsky, 1978) que permite dilucidar el nivel de desarrollo actual del menor y el nivel de desarrollo proximal potencialmente alcanzable, así como determinar los tipos de ayudas externas o mediadores que lo acercan al mismo (en este caso praxias, onomatopeyas, protoimperativos, etc.). A partir de esta experiencia, es altamente recomendable la adaptación de ciertas tareas lingüísticas para la población con TDL durante la evaluación neuropsicológica, sin dejar de lado las puntuaciones y baremos psicométricos correspondientes de acuerdo con edad y escolaridad de los menores. El contraste de esta información dota de mayor riqueza al análisis realizado.

8. CONCLUSIONES

- La percepción auditiva medida a partir del desempeño en evaluación cognitiva es distinta entre el grupo de niños con DNT y con TDL. Esta diferencia es especialmente relevante en las tareas de Percepción fonémica y Sonidos ambientales, sin embargo, al realizar adecuaciones a la tarea disminuyendo la carga lexical de esta última, las diferencias sólo se mantienen para la tarea de Percepción fonémica, sugiriendo una dificultad de predominio lingüístico en este nivel de análisis. Se rechaza la hipótesis nula, debido a la existencia de diferencias en el desempeño en percepción auditiva entre los grupos utilizando pruebas cognitivas.
- Al analizar los grupos sin tomar en cuenta la variable tiempo, no se muestran diferencias en función de la condición de estimulación al comparar los datos del índice ERD/ERS en la banda de frecuencia theta. A pesar de esto, sí se observa tendencia a la diferencia en derivaciones frontales (F3, F4 y Fz) para el estímulo no-lingüístico. Sin embargo, al realizar un análisis más fino tiempo-frecuencia durante los primeros 500 ms, sí es posible determinar patrones disimiles de activación. Las diferencias son significativas y observables en parámetros de topografía, tiempo, lateralización, intensidad de respuesta y patrón de sincronización/desincronización, tanto para el estímulo lingüístico como el no-lingüístico. En este sentido, es posible asegurar que los niños con TDL no sólo muestran un patrón atípico de respuestas evocadas ante la estimulación auditiva, como lo habían mencionado otros trabajos de investigación, sino también en respuestas inducidas. Se rechaza la hipótesis nula, debido a la existencia de diferencias.
- Al correlacionar las tareas cognitivas con la estimulación auditiva durante el EEG, se encontraron patrones disimiles entre grupos. Mientras que los participantes del grupo DNT parecen involucrar regiones temporales bilaterales durante la percepción de estímulos auditivos no-lingüísticos y una red fronto-temporal izquierda para los estímulos lingüísticos (en línea con la literatura disponible), los niños con TDL no muestran un patrón claro de activación durante la estimulación no-lingüística e involucran una red más extensa fronto-temporal bilateral durante la percepción de estímulos auditivos lingüísticos. Estos hallazgos sugieren la existencia de una red

funcional distinta para la percepción auditiva en los niños con TDL. Se rechaza la hipótesis nula al existir correlaciones significativas.

- El uso de un abordaje dual, que involucró evaluación neuropsicológica y electrofisiología, permitió conocer algunas características cognitivas y electrofisiológicas de la percepción auditiva, lingüística y no-lingüística, en banda theta de niños con TDL en comparación con niños con DNT. También permite contribuir a la comprensión de las dificultades cognitivas extralingüísticas en los niños con TDL y plantea la posibilidad de otras herramientas y criterios diagnósticos, de evaluación y de seguimiento en la intervención.

9. APORTES Y LIMITACIONES

Una de las principales aportaciones del presente estudio es abonar al conocimiento de la diversidad de dificultades cognitivas que se presentan en el TDL, más allá del ámbito puramente lingüístico, en este caso la percepción auditiva. Algunas publicaciones (Tomas & Vissers, 2019; Krishnan, Watkins & Bishop, 2016), han hecho revisiones detalladas al respecto de otras esferas cognitivas que se encuentran alteradas en el trastorno (ej. motricidad, memoria procedimental, atención, etc.). En conjunto, estos hallazgos apuntan a la confirmación del trastorno como uno relacionado primariamente con el desarrollo del lenguaje, pero no *específico* de este ámbito (Bishop et al., 2016; Bishop et al., 2017). Es posible confirmar pues, que existen aspectos funcionalmente diferenciales que impiden el procesamiento esperado de estímulos auditivos y que es fundamental considerarlo tanto en términos de evaluación como de intervención con esta población.

Además de corroborar que existen diferencias en aspectos perceptuales auditivos en niños con TDL, el presente trabajo brinda pautas más detalladas respecto a la naturaleza y características de estas dificultades en términos de topografía, lateralización, intensidad de respuesta y patrón de sincronización/desincronización, tanto para el estímulo lingüístico como el no-lingüístico. Esta última medición (ERD/ERS) es sumamente sensible al tiempo de la respuesta neurofisiológica en una banda de frecuencia específica, variable que es fundamental en aspectos de percepción y lenguaje, donde los cambios rápidos en la respuesta cerebral son clave

del procesamiento. Hasta este momento, el presente trabajo es pionero en la caracterización de la percepción auditiva y la respuesta electrofisiológica en banda theta mediante este análisis, por lo que podría constituirse como una técnica útil que brinde información relevante para el estudio del TDL en posteriores estudios.

Aunado a lo anterior, el análisis combinado de información dada por la evaluación cognitiva y el EEG, resultó una herramienta útil para caracterizar de manera objetiva respuestas de percepción auditiva en niños con TDL, en comparación con niños con DNT, por lo que se considera importante incluir este rubro en la evaluación general de problemas lingüísticos y no-lingüísticos en niños con TDL. Las mediciones cognitivas se mantienen como una herramienta importante en la investigación clínica, que es relativamente sencilla, de bajo costo y de bajo riesgo para los participantes, además de que permite la adecuación de reactivos que flexibilizan el proceso de evaluación, especialmente en poblaciones clínicas. Incluso, en algunas ocasiones pueden ser igual o más sensibles que los estudios de neuroimagen ante las alteraciones neurocognitivas (Ross, 2010; Sidtis, 2007). El análisis cuantitativo de electroencefalograma utilizando ERD/ERS puede proveer de información adicional que complementa la caracterización de los patrones de respuesta cerebral de niños con TDL ante la estimulación auditiva, incrementando la confiabilidad de los resultados (Boles, 2011). A partir del análisis realizado, el índice ERD/ERS es una herramienta valiosa para la identificación de diferencias electrofisiológicas ante la percepción auditiva de estímulos diferenciales entre los grupos. Aunque el interés en la clínica aplicada desde el ámbito terapéutico sea mayoritariamente cognitivo/conductual, el conocimiento sobre el procesamiento cerebral añade valor e incrementa la potencia de las mediciones conductuales (Farah, 2017). En este caso, comprender la dinámica de sistemas funcionalmente distintos, potencia la predicción del comportamiento mejor que las medidas conductuales únicamente (Gabrieli et al., 2015). En este sentido, damos paso a la investigación, abordaje e intervención interdisciplinarios, a partir de que mantener ambos niveles de análisis puede tener gran influencia en términos prácticos.

En conjunto con lo anterior, otra aportación importante es la discusión de la existencia de vías anatomofuncionales que se proyectan de manera recíproca entre regiones temporales y frontales, así como su involucramiento en el TDL. Este hallazgo provee una visión más amplia de la red auditiva y de los sustratos involucrados en el trastorno (Adibpour et al., 2020). Esta red de procesamiento auditivo que incluye áreas frontales y que se involucra, no sólo en la

expresión, sino en la decodificación de la señal auditiva puede ser un correlato que se interprete como distintivo del desarrollo en niños y niñas con TDL.

La contribución a la comprensión del procesamiento perceptual auditivo por medio del análisis de la relación de las características electrofisiológicas y el desempeño cognitivo en la etapa preescolar tardía y escolar temprana, constituye la principal aportación del presente estudio. Realizar una valoración de habilidades de percepción auditiva lingüística y no-lingüística en niños con TDL con un instrumento validado en población mexicana, así como hacer uso del electroencefalograma para la exploración de las características de procesamiento en esta población, favorece al establecimiento de patrones de normalidad en población infantil y caracterización de las dificultades en el TDL, lo que podría contribuir a su vez, a la promoción de criterio de inclusión más claros y objetivos, detección temprana, evaluación integral, campos de intervención no comúnmente abordados y derivación de marcadores de mejoría ante la intervención o el desarrollo en la población clínica.

La principal limitación del presente estudio se relaciona con las dificultades para la conformación de una muestra representativa, principalmente por los rígidos criterios de inclusión que resultaron en un alto porcentaje de participantes excluidos para conformar la muestra final. La mayoría de los niños que no fueron seleccionados, presentaron resultados fuera de la norma en las escalas de inteligencia Wechsler o no cumplieron con criterios de dificultad morfosintáctica en la prueba TPL, lo que resultó en un porcentaje de exclusión del 45.3%. Estas dificultades han sido reportadas por otros grupos de investigación clínica por lo que se trabaja en la propuesta de nuevos criterios más flexibles para la identificación y diagnóstico de niños con TDL (Bishop et al., 2017; 2016).

Como resultado directo de lo anterior, el tamaño de la muestra fue pequeño para determinar diferencias significativas entre ambos grupos y correlaciones fuertes, encontrándose únicamente correlaciones moderadas, como se reporta en el apartado de resultados. Sin embargo, el fuerte control sobre los criterios de inclusión y exclusión permitió obtener muestras más homogéneas para ambos grupos. Otros estudios similares realizados en población infantil hablante de español en México de igual forma han rondado los 35 participantes (15 menores con TDL) (Roa, 2016).

Otra limitación importante es el hecho de que los grupos fuesen distintos en variables de nivel socioeconómico y CIT. Aunque ambas variables se controlaron para la realización de los análisis estadísticos de los datos de EEG, no se pudo hacer lo propio para el análisis de los datos de evaluación cognitiva. Para futuros abordajes, es altamente recomendable que estas variables se controlen desde el inicio para garantizar que las diferencias encontradas obedezcan a la condición de lenguaje y no a otras variables ambientales interferentes. Por su parte, si bien se esperaba encontrara diferencias en puntuaciones cognitivas de tareas verbales vs no verbales, también se observó el efecto del bajo desarrollo lingüístico sobre la cognición general, por lo que este aspecto debe ser considerado para futuros estudios. En este sentido, en el ámbito aplicado también es importante tomar en cuenta la necesidad de diagnósticos e intervenciones que comprendan el contexto socioeconómico y de desarrollo del paciente.

A partir de los hallazgos reportados en el presente trabajo, se sugiere ampliar el estudio del procesamiento auditivo lingüístico y no-lingüístico en niños con TDL y su relación con actividad electrofisiológica en otras bandas de frecuencia, en el entendido de que la técnica de EEG permite una visión multidimensional del fenómeno a estudiar (Tóth, Kocsis, Urbán & Winkler, 2016) y que vierte luz respecto a las operaciones paralelas que se llevan a cabo durante el procesamiento cognitivo. De igual forma, estudiar el involucramiento de otras derivaciones, como las parietales (Hickok & Poeppel, 2007) abonará al entendimiento más profundo de la red funcional cerebral durante estos procesos (Guenther & Hickok, 2015; Hickok & Poeppel, 2007).

Por último, para futuros estudios se sugiere tomar en cuenta un paradigma de elección forzada con dos opciones de respuesta (acierto a la tarea) durante el paradigma de percepción auditiva con el objetivo de contrastar objetivamente la percepción de los estímulos y derivar algunos otros datos para el análisis, como se ha realizado en otros estudios de corte similar (Vandewalle et al., 2012; Strand et al., 2008). De igual forma, añadir datos que permitan distinguir con mayor especificidad las características fonéticas de los estímulos auditivos podría caracterizar a mayor detalle las dificultades (Ziegler, 2011; Ziegler et al., 2005).

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adibpour, P., Lebenberg, J., Kabdebon, C., Dehaene-Lambertz, G., & Dubois, J. (2020). Anatomic-functional correlates of auditory development in infancy. *Developmental cognitive neuroscience*, 42, 100752. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100752>
- Albouy, P., Baillet, S., Zatorre, R. J., Baillet, S., & Zatorre, R. J. (2017). Selective Entrainment of Theta Oscillations in the Dorsal Stream Causally Enhances Auditory Working Memory Performance. *Neuron*, 193–206. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.03.015>
- Alhaddad, M. J. (2012). Common Average Reference (CAR) improves p300 speller. *International Journal of Engineering and Technology*, 2(3), 21.
- Allen, P., & Wightman, F. (1992). Spectral pattern discrimination by children. *J. Speech Hear. Res.*, 35, 222–233.
- Andreu, L., Aguado, G., Cardona, M. C., & Sanz-Torrent, M. (2014). *El trastorno Específico del Lenguaje. Diagnóstico e Intervención*. Barcelona: Editorial UOC.
- Archibald, L.M.D. & Joanisse, M.F. (2012). Atypical neural responses to phonological detail in children with developmental language impairments. *Developmental Cognitive Neuroscience* 2 (1), 139–151, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2011.07.003>
- Ardila, A. & Ostrosky, F. (1991). *El Diagnóstico del Daño Cerebral: Enfoque Neuropsicológico*. D.F., México: Trillas.
- Arnal, L. H., Poeppel, D., & Giraud, A. (2016). A Neurophysiological Perspective on Speech Processing in “The Neurobiology of Language.” en *Neurobiology of Language* (pp. 463–478). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00038-9>
- Auza, A., Murata, C., Márquez, M. E. & Morgan, G. (2018). *Tamiz de Problemas de Lenguaje TPL*. Ciudad de México: Manual Moderno.
- Badcock, N. A., Bishop, D. V. M., Hardiman, M. J., Barry, J. G. & Watkins, K. E. (2012). Brain & Language Co-localisation of abnormal brain structure and function in specific language impairment. *Brain and Language*, 120(3), 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.10.006>
- Bailey, P. J., & Snowling, M. J. (2002). Auditory processing and the development of language and literacy. *British Medical Bulletin*, 63, 135–146. <https://doi.org/10.1093/bmb/63.1.135>
- Baltus, A., & Siegfried, C. (2016). The importance of individual frequencies of endogenous brain oscillations for auditory cognition – A short review. *Brain Research*, 1640, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.09.030>
- Barton, B., & Brewer, A. A. (2016). Human Auditory Cortex. En *Neurobiology of Language* (pp. 49–58). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00005-5>
- Basu, M., Krishnan, A., & Weber-Fox, C. (2010). Brainstem correlates of temporal auditory processing in children with specific language impairment. *Developmental Science*, 13(1), 77–91. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00849.x

- Benton, A. L. (1963). Developmental aphasia and brain damage. *Cortex*, 1(1), 40–52. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(64\)80012-5](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(64)80012-5)
- Berens, S. C., & Horner, A. J. (2017). Theta Rhythm: Temporal Glue for Episodic Memory. *Current Biology*, 27(20), R1110–R1112. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.048>
- Bertoncini, J., Serniclaes, W., & Lorenzi, C. (2009). Discrimination of Speech Sounds Based Upon Temporal Envelope Versus Fine Structure Cues in 5- to 7-Year-Old Children. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 52(3), 682. doi:10.1044/1092-4388(2008/07-0273)
- Bidelman, G. M., & Myers, M. H. (2020). Frontal cortex selectively overrides auditory processing to bias perception for looming sonic motion. *Brain research*, 1726, 146507. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2019.146507>
- Birnholz, J. C., & Benacerraf, B. R. (1983). The development of human fetal hearing. *Science*, 222, 516–518.
- Bishop, D. V. (1990). A prospective study of the relationship between specific language impairment, phonological disorders and reading retardation. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 31(7), 1027–1050. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1990.tb00844.x>
- Bishop, D. V. M. (1992). The underlying nature of Specific Language Impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33(1), 3–66.
- Bishop, D. V. M. (1997). *Uncommon understanding: Development and disorders of language comprehension in children*. Hove, England: Psychology Press.
- Bishop, D. V. M. (2006). What Causes Specific Language Impairment in Children? *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 217–221. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00439.x>
- Bishop, D. V. M. (2007). Using mismatch negativity to study central auditory processing in developmental language and literacy impairments: where are we, and where should we be going? *Psychological Bulletin*, 133(4), 651e672.
- Bishop, D. V. M. (2014). Ten questions about terminology for children with unexplained language problems. *International journal of language & communication disorders*, 49(4), 381–415. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12101>
- Bishop, D. V. M., & McArthur, G. M. (2005). Individual differences in auditory processing in specific language impairment: A follow-up study using event-related potentials and behavioural thresholds. *Cortex*, 41, 327–341
- 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. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2217-10.2010>
- Bishop, D. V. M., Hardiman, M., Uwer, R., & Suchodoletz, W. Von. (2007). Atypical long-latency auditory event-related potentials in a subset of children with specific language

- impairment. *Developmental Science*, 5(10), 576–587. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00620.x>
- Bishop, D. V. M., Holt, G., Whitehouse, A. J. O. & Groen, M. (2014). No population bias to left-hemisphere language in 4-year-olds with language impairment. *Peer Journal*, 2, e507. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.507>
- Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., & CATALISE-2. (2017). Phase 2 of CATALISE: a multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 10(58), 1068–1080. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12721>
- Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., & Consortium, C. (2016). CATALISE: A Multinational and Multidisciplinary Delphi Consensus Study. Identifying Language Impairments in. *PLOS ONE*, 11(7), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158753>
- Bishop, D.V.M. & Adams, C. (1992). Comprehension problems in children with specific language impairment: Literal and inferential meaning. *J Speech Hear Res*, 35, 119-129.
- Bishop, D.V.M. & McArthur, G.M. (2004). Immature cortical responses to auditory stimuli in specific language impairment: evidence from ERPs to rapid tone sequences. *Developmental Science* 7 (4), F11–F18, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00356.x>
- Boles D. B. (2011). Socioeconomic status, a forgotten variable in lateralization development. *Brain and cognition*, 76(1), 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.03.002>
- Brandler, W. M., & Paracchini, S. (2014). The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends in molecular medicine*, 20(2), 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.tmm.2014.01.001>
- Brito, N. H., Fifer, W. P., Myers, M. M., Elliott, A. J., & Noble, K. G. (2016). Associations among family socioeconomic status, EEG power at birth, and cognitive skills during infancy. *Developmental cognitive neuroscience*, 19, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.03.004>
- Brito, N. H., Fifer, W. P., Myers, M. M., Elliott, A. J., & Noble, K. G. (2016). Associations among family socioeconomic status, EEG power at birth, and cognitive skills during infancy. *Developmental cognitive neuroscience*, 19, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.03.004>
- Brown, T. T., Erhart, M., Avesar, D., Dale, A. M., Halgren, E., & Evans, J. L. (2014). Atypical right hemisphere specialization for object representations in an adolescent with specific language impairment. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(February), 82. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2014.00082>.
- Burton H. (2003). Visual cortex activity in early and late blind people. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 23(10), 4005–4011. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-10-04005.2003>

- Buss, E., Hall, J. W., & Grose, J. H. (2009). Psychometric functions for pure tone intensity discrimination: slope differences in school-aged children and adults. *J. Acoust. Soc. Am.*, 125, 1050–1058.
- Buss, E., Hall, J. W., & Grose, J. H. (2012). Development of auditory coding as reflected in psychophysical performance. In L. A. Werner, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Human Auditory Development* (pp. 107–136). New York: Springer.
- Buss, E., Hall, J. W., Grose, J. H., & Dev, M. B. (1999). Development of adult-like performance in backward, simultaneous, and forward masking. *J. Speech Lang Hear. Res.*, 42, 844–849.
- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Nueva York: Oxford University Press.
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal Oscillations in Cortical Networks. *Science*, 304(June), 1926–1930.
- Cantiana, C., Piazzab, C., Mornatia, G., Moltenia, M. & Riva, V. (2019). Oscillatory gamma activity mediates the pathway from socioeconomic status to language acquisition in infancy. *Infant Behavior and Development*, 57 (10).
- Carreiro, J. (2009). Movement, perception and cognitive development. En *An Osteopathic Approach to Children* (pp. 169–184). <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-06738-9.00010-1>
- Ceponiene, R., Cummings, A., Wulfeck, B., Ballantyne, A., & Townsend, J. (2009). Spectral vs. temporal auditory processing in specific language impairment: a developmental ERP study. *Brain Lang.* 10:107---20
- Cheour, M., Leppanen, P. H., & Kraus, N. (2000). Mismatch negativity (MMN) as a tool for investigating auditory discrimination and sensory memory in infants and children. *Clin. Neurophysiol.*, 111, 4–16.
- Conant, L. L., Liebenthal, E., Desai, A., & Binder, J. R. (2017). The relationship between maternal education and the neural substrates of phoneme perception in children: Interactions between socioeconomic status and proficiency level. *Brain and Language*, 171, 14–22.
- Coolican, H. (2014). *Research methods and statistics in psychology* (6th ed.). Psychology Press.
- Cooper, R., Binnie, C. D., Osselton, J. W., Prior, P. F. & Wisman, T. (2003). EEG, paediatric neurophysiology, special techniques and applications. En: *Clinical Neurophysiology*, Vol. 2, edited by Cooper, R., Mauguiere, F., Osselton, J. W., Prior, P. F. & Tedman, B. M. Amsterdam: Elsevier.
- Crivelli-Decker, J., Hsieh, L., Clarke, A., & Ranganath, C. (2018). Neurobiology of Learning and Memory Theta oscillations promote temporal sequence learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 153(December 2017), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.05.001>
- Datta, H., Shafer, V.L., Morr, M.L., Kurtzberg, D. & Schwartz, R.G. (2010). Electrophysiological indices of discrimination of long-duration, phonetically similar vowels in children with typical and atypical language development. *J. Speech Lang. Hear. Res.* 53, 757–777. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0123\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0123)).

- David, O., Kilner, J. M., & Friston, K. J. (2006). Mechanisms of evoked and induced responses in MEG/EEG. *NeuroImage*, 31, 1580–1591. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.02.034>
- Davids, N., Segers, E., van den Brink, D., Mitterer, H., van Balkom, H., Hagoort, P., et al. (2011). The nature of auditory discrimination problems in children with specific language impairment: an MMN study. *Neuropsychologia*, 49:19---28.
- de Guibert, C., Maumet, C., Jannin, P., Ferré, J. C., Tréguier, C., Barillot, C., ... Biraben, A. (2011). Abnormal functional lateralization and activity of language brain areas in typical specific language impairment (developmental dysphasia). *Brain*, 134, 3044–3058. <https://doi.org/10.1093/brain/awr141>
- Dehaene-Lambertz, G., Dupoux, E., & Gput, A. (2000). Electrophysiological Correlates of Phonological Processing: A Cross-linguistic Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 635–647.
- Destoky, F., Philippe, M., Bertels, J., Verhasselt, M., Coquelet, N., Vander, M., ... Ti, X. De. (2019). NeuroImage Comparing the potential of MEG and EEG to uncover brain tracking of speech temporal envelope. *Neuroimage* 184(August 2018), 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.09.006>
- Dick, A. S., Bernal, B., & Tremblay, P. (2013). The Language Connectome. *The Neuroscientist*, 20(5), 453–467. doi:10.1177/1073858413513502
- Dolean, D., Melby-Lervåg, M., Tincas, I., Damsa, C., & Lervåg, A. (2019). Achievement gap: Socioeconomic status affects reading development beyond language and cognition in children facing poverty. *Learning and Instruction*, 63, 101218. doi: 10.1016/j.learninstruc.2019.101218
- Domenéch, E & Polaino-Lorente, A. (1990). *Epidemiología de la depresión infantil*. Barcelona. Espax.
- Echenne, B., Cheminal, R., Rivier, F., Negre, C., Touchon & J., Billiard, M. (1992) Epileptic electroencephalographic abnormalities and developmental dysphasias: a study of 32 patients. *Brain Dev.* 14:216–25.
- Eggermont, J. J. (2019). Age-Related Changes in Auditory Perception. En *The Auditory Brain and Age-Related Hearing Impairment* (pp. 49–67). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815304-8.00003-7>
- Elbro, C., Dalby, M., & Maarbjerg, S. (2011). Language-learning impairments: a 30-year follow-up of language-impaired children with and without psychiatric, neurological and cognitive difficulties. *International Journal of Communication Disorders*, 46(4), 437–448. <https://doi.org/10.1111/j.1460-6984.2011.00004.x>
- Elfenbein, J. L., Small, A. M., & Davis, J. M. (1993). Developmental patterns of duration discrimination. *J. Speech Hear. Res.*, 36, 842–849.
- Elmahallawi, T. H., Gabr, T. A., Darwish, M. E. & Seleem, F. M. (2021). Children with developmental language disorder: a frequency following response in the noise study. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.01.008>

- Farah, M. J. (2017). The Neuroscience of Socioeconomic Status: Correlates, Causes, and Consequences. *Neuron*, 96(1), 56–71. doi: 10.1016/j.neuron.2017.08.034
- Fraga-González, G., Van der Molen, M. J. W., Zaric, G., Bonte, M., Tijms, J., Blomert, L., ... Van der Molen, M. W. (2016). Graph analysis of EEG resting state functional networks in dyslexic readers. *Clinical Neurophysiology*, 127, 3165–3175.
- Franzen, M. D., & Wilhelm, K. L. (1996). Conceptual foundations of ecological validity in neuropsychological assessment. En R. J. Sbordone & C. J. Long (Eds.), *Ecological validity of neuropsychological testing* (p. 91–112). Gr Press/St Lucie Press, Inc
- Fresneda, M. D., & Mendoza, E. (2005). Trastorno específico del lenguaje: concepto, clasificaciones y criterios de identificación. *Revista de Neurología*, 41(Supl 1), 51–56.
- Friederici, A. D. (2006). The Neural Basis of Language Development and Its Impairment. 52(6), 941–952. *Neuron*, <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.12.002>
- Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function a brief view of sentence ... *Psi. Rev.* 1357–1392. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>
- Friederici, A. D. (2012). The cortical language circuit: from auditory perception to sentence comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(5), 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.04.001>
- Friederici, A. D. (2015). White-matter pathways for speech and language processing. En *The human Auditory System: Fundamental Organization and Clinical Disorders* (1st ed., Vol. 129). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00010-X>
- Friederici, A. D. (2018). The neural basis for human syntax: Broca's area and beyond. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 21, 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.03.004>
- Friederici, A. D., & Gierhan, S. M. (2013). The language network. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 250–254. doi: 10.1016/j.conb.2012.10.002
- Friederici, A. D., Chomsky, N., Berwick, R. C., Moro, A., & Bolhuis, J. J. (2017). Language, mind and brain. *Nature Human Behaviour*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0184-4>
- Gabrieli, J.D.E., Ghosh, S.S., and Whitfield-Gabrieli, S. (2015). Prediction as a humanitarian and pragmatic contribution from human cognitive neuroscience. *Neuron* 85, 11–26.
- Gao, W., Alcauter, S., Elton, A., Hernandez-Castillo, C. R., Smith, J. K., Ramirez, J., & Lin, W. (2015). Functional Network Development During the First Year: Relative Sequence and Socioeconomic Correlations. *Cerebral cortex*, 25(9), 2919–2928. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu088>
- Gathercole, S., & Baddeley, A. (1990). Phonological memory deficits in Language Disordered children: is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336–360. [https://doi.org/10.1016/0749-596x\(90\)90004-j](https://doi.org/10.1016/0749-596x(90)90004-j)
- Gervain, J., & Geffen, M. N. (2019). Efficient Neural Coding in Auditory and Speech Perception. *Trends in Neurosciences*, 42(1), 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.09.004>

- Ghitza, O. (2011). Linking speech perception and neurophysiology: speech decoding guided by cascaded oscillators locked to the input rhythm. 2(June), 1–13. *Frontiers in Psychology* <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00130>
- Ghitza, O. (2012). On the role of theta-driven syllabic parsing in decoding speech: intelligibility of speech with a manipulated modulation spectrum. *Frontiers in Psychology* 3(July), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00238>
- Gilmore, J. H., Knickmeyer, R. C., Gao, W. (2018). Imaging structural and functional brain development in early childhood. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(3), 123–137. doi:10.1038/nrn.2018.1
- Giraud, A., & Poeppel, D. (2012). perspective Cortical oscillations and speech processing: emerging computational principles and operations. *Nature Publishing Group*, 15(4), 511–517. <https://doi.org/10.1038/nn.3063>
- Godoy, A., Gavino, A., Carrillo, F., Pilar, M., & Quintero, C. (2011). Composición factorial de la versión española de la Spence Children Anxiety Scale (SCAS). *Psicothema*, 23(2), 289–294.
- Grey, S., Tanner, D., & Van Hell, J. G. (2017). How right is left? Handedness modulates neural responses during morphosyntactic processing. *Brain Research*, 1669, 27–43.
- Guenther, F. H., & Hickok, G. (2015). Role of the auditory system in speech production. En *The human Auditory System: Fundamental Organization and Clinical Disorders* (1st ed., Vol. 129). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00009-3>
- Güntekin, B., Uzunlar, H., Çalışoğlu, P., Eroğlu-Ada, F., Yıldırım, E., Aktürk, T., Atay, E., & Ceran, Ö. (2020). Theta and alpha oscillatory responses differentiate between six-to seven-year-old children and adults during successful visual and auditory memory encoding. *Brain research*, 1747, 147042. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2020.147042>
- Guttorm, T. K., Leppänen, P. H., Poikkeus, A. M., Eklund, K. M., Lyytinen, P., & Lyytinen, H. (2005). Brain event-related potentials (ERPs) measured at birth predict later language development in children with and without familial risk for dyslexia. *Cortex*; 41(3), 291–303. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70267-3](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70267-3)
- Häberling, I. S., Corballis, P. M., & Corballis, M. C. (2016). Language, gesture, and handedness: Evidence for independent lateralized networks. *Cortex*, 82, 72–85. doi: 10.1016/j.cortex.2016.06.003
- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in cognitive sciences*, 13(2), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.003>
- Haesen, B., Boets, B., & Wagemans, J. (2011). Research in Autism Spectrum Disorders A review of behavioural and electrophysiological studies on auditory processing and speech perception in autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders* 5, 701–714. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.11.006>
- Harmony, T., Marosi, E., Diaz de León, A.E., Becker, J. and Fernandez, T. Effect of sex, psychosocial disadvantages and biological risk factors on EEG maturation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 1990, 75: 482-491.

- Heald, A. L. M., Stephen, C. v. H., & Nusbaum, H. C. (2017). Perceptual Plasticity for Auditory Object Recognition. *Frontiers in Psychology*, 8(May), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00781>
- Henkel, C. K. (2018). The Auditory System. En *Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications* (Fifth Edition) (pp. 306–319). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39632-5.00021-9>
- Herbert, M. R., Ziegler, D. A., Deutsch, C. K., O'Brien, L. M., Kennedy, D. N., Filipek, P. A., et al. (2005). Brain asymmetries in autism and developmental Language disorder: A nested whole-brain analysis. *Brain*, 128(1), 213–226. doi:10.1093/brain/awh330
- Hernández-Guzmán, L., Bermúdez-Ornelas, G., Spence, S. H., González, M. J., Martínez-Guerrero, J. I., Aguilar, J., & Gallegos, J. (2010). Versión en español de la Escala de Ansiedad para Niños de Spence (SCAS). *Revista Latinoamericana de Psicología*, 42(1), 13–24.
- Hickok, G. & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 131–138.
- Hickok, G. & Poeppel, D. (2004). Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92: 67-99.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(May), 393–402.
- Hill, K. T., & Miller, L. M. (2010). Auditory attentional control and selection during cocktail party listening. *Cerebral cortex*, 20(3), 583–590. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp124>
- Hill, P. R., Hartley, D. E., Glasberg, B. R., Moore, B. C., & Moore, D. R. (2004). Auditory processing efficiency and temporal resolution in children and adults. *J. Speech Lang Hear. Res.*, 47, 1022–1029.
- Hosseini, P. T., Bell, S., Wang, S., & Simpson, D. (2015). Induced activity in EEG in response to auditory stimulation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 22, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2015.06.005>
- Hutcheon, B., & Yarom, Y. (2000). Resonance oscillation and the intrinsic frequency preferences of neurons. *Trends in Neurosciences*, 23(5), 216–222. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(00\)01547-2](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01547-2)
- Idiazábal-Aletxa, M. A. & Saperas-Rodríguez, M. (2008). Procesamiento auditivo en el trastorno específico del lenguaje. *Revista de Neurología*, 46, S91-S95.
- Jackson-Maldonado, D. (2011). La identificación del Trastorno Específico de Lenguaje en niños hispanohablantes por medio de pruebas formales e informales. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 33–50.
- Joanisse, M., Manis, F.R., Keating, P. & Seidenberg, M.S. (2000). Language deficits in dyslexic children: speech perception, phonology, and morphology. *Journal of Experimental Child Psychology* 71, 30–60, <http://dx.doi.org/10.1006/jecp.1999.2553>

- Johnson, C. J., Beitchman, J. H., & Brownlie, E. B. (2010). Twenty-Year Follow-Up of Children with and Without Speech-Language Impairments: Family, Educational, Occupational, and Quality of Life Outcomes. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 19(February), 51–66.
- Joos, K., Gilles, A., Heyning, P. Van De, Ridder, D. De, & Vanneste, S. (2014). Neuroscience and Biobehavioral Reviews From sensation to percept: The neural signature of auditory event-related potentials. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 42, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.02.009>
- Kaddah, F.-A., & Abdel-Raouf, M. (2011). ADHD: Linguistic abilities and EEG findings compared to specific language impairment. *Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences*, 12(1), 53–59. doi: 10.1016/j.ejenta.2011.04.001
- Kovacs, M. (1983). The Children's Depression Inventory: A self-rated depression scale for school-aged youngsters. *Unpublished Manuscript*, University of Pittsburg, PA.
- Krishnan, S., Watkins, K. E. & Bishop, D.V.M. (2016). Neurobiological Basis of Language Learning Difficulties. *Trends in Cognitive Sciences*, (), S1364661316300833–. doi:10.1016/j.tics.2016.06.012
- Kujala, T., & Leminen, M. (2017). Developmental Cognitive Neuroscience Low-level neural auditory discrimination dysfunctions in specific language impairment — A review on mismatch negativity findings. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 28(October 2016), 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.10.005>
- Kushnerenko, E., Ceponiene, R., Fellman, V., Huotilainen, M., & Winkler, I. (2001). Event-related potential correlates of sound duration: similar pattern from birth to adulthood. *Neuroreport*, 12, 3777–3781.
- Leijser, L. M., Siddiqi, A., & Miller, S. P. (2018). Imaging Evidence of the Effect of Socio-Economic Status on Brain Structure and Development. *Seminars in pediatric neurology*, 27, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2018.03.004>
- Leonard, C. M., Lombardino, L. J., Walsh, K., Eckert, M. A., Mockler, J. L., Rowe, L. A., ... Debose, C. B. (2002). Anatomical risk factors that distinguish dyslexia from SLI predict reading skill in normal children. *Journal of Communication Disorders*, 35, 501–531.
- Leonard, L. B. (1998). *Children with specific language impairment*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lévy-Rueff, M., Bourgeois, M., Assous, A., Beauquier-Maccota, B., Boucheron, E., Clouard, C., et al. (2012). Abnormal electroencephalography results and specific language impairment: towards a theoretical neurodevelopmental model? *L'Encéphale*. 38(4):318–28
- Liberto, G. M. Di, James, A., Sullivan, O., Lalor, E. C., Liberto, G. M. Di, Sullivan, J. A. O., & Lalor, E. C. (2015). Low-Frequency Cortical Entrainment to Speech Reflects Phoneme-Level Processing. *Current Biology*, 25(19), 2457–2465. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.030>

- Litovsky, R. (2015). Development of the auditory system. En *The Human Auditory System: Fundamental Organization and Clinical Disorders* (1st ed., Vol. 129). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00003-2>
- López-Poveda, E. A. (2014). Development of Fundamental Aspects of Human Auditory Perception. En *Development of Auditory and Vestibular Systems* (Fourth Edition, pp. 287–314). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408088-1.00010-5>
- Lotto, A. J., & Holt, L. L. (2016). Speech Perception. The View from the Auditory System. En *Neurobiology of Language* (pp. 185–194). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00016-X>
- Ludwig, K. A., Miriani, R. M., Langhals, N. B., Joseph, M. D., Anderson, D. J., Kipke, D. R., ... Kipke, D. R. (2008). Using a Common Average Reference to Improve Cortical Neuron Recordings from Microelectrode Arrays Using a Common Average Reference to Improve Cortical Neuron Recordings from Microelectrode Arrays. *Journal of Neurophysiology*, 101, 1679–1682. <https://doi.org/10.1152/jn.90989.2008>
- Luria, A. R. (1977). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Editorial Orbe: La Habana.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.064>
- Malins, J. G., Desroches, A. S., Robertson, E. K., Newman, R. L., Archibald, L. M. D., & Joannisse, M. F. (2013). ERPs reveal the temporal dynamics of auditory word recognition in specific language impairment. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 5, 134–148. doi: 10.1016/j.dcn.2013.02.005.
- Mampe, B., Friederici, A. D., Christophe, A., & Wermke, K. (2009). Newborns' cry melody is shaped by their native language. *Curr. Biol.*, 19, 1994–1997.
- Matoušek, M., & Petersén, I. (1973). Automatic evaluation of EEG background activity by means of age-dependent EEG quotients. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 35(6), 603–612. doi:10.1016/0013-4694(73)90213-7
- Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky-Solis, F. (2007). *ENI: Evaluación neuropsicológica infantil*. Guadalajara (México): Manual Moderno – UNAM – Universidad de Guadalajara.
- McAnally, K. I., Castles, A., & Stuart, G. W. (2000). Visual and auditory processing impairments in subtypes of developmental dyslexia: A discussion. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 12, 145–156
- McArthur, G.M. & Bishop, D.V.M. (2004). Which people with specific language impairment have auditory processing deficits? *Cognitive Neuropsychology* 21 (2), 79–94, <http://dx.doi.org/10.1080/02643290342000087>
- McArthur, G.M., & Bishop, D.V.M. (2005). Speech and nonspeech processing in people with specific language impairment: a behavioral and electrophysiological study. *Brain and Language*, 94, 260–273.

- Medalla, M., Lera, P., Feinberg, M., & Barbas, H. (2007). Specificity in inhibitory systems associated with prefrontal pathways to temporal cortex in primates. *Cerebral cortex*, *17 Suppl 1*, i136–i150. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm068>
- Mehta, B., Chawla, V. K., Parakh, M., Parakh, P., Bhandari, B., & Gurjar, A. S. (2015). EEG Abnormalities in Children with Speech and Language Impairment. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, *9*(7), 10–13. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13920.6168>
- Mendoza, E. (2012). La investigación actual en el Trastorno Específico del Lenguaje. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, *32*, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2012.03.001>
- Michels, L., Muthuraman, M., Lüchinger, R., Martin, E., Anwar, A., Raethjen, J., Brandeis, D., & Siniatchkin, M. (2013). Developmental changes of functional and directed resting-state connectivities associated with neuronal oscillations in EEG. *NeuroImage* *81*:231–242.
- Michels, L., Muthuraman, M., Lüchinger, R., Martin, E., Anwar, A., Raethjen, J., Brandeis, D., & Siniatchkin, M. (2013). Developmental changes of functional and directed resting-state connectivities associated with neuronal oscillations in EEG. *NeuroImage* *81*:231–242
- Mittag, M., Larson, E., Clarke, M., Taulu, S., & Kuhl, P. K. (2021). Auditory deficits in infants at risk for dyslexia during a linguistic sensitive period predict future language. *NeuroImage. Clinical*, *30*, 102578. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102578>
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: Auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, *64*, 199–231
- Moore, B. C. J. (2009). Basic auditory processes involved in the analysis of speech sounds. en B. C. J. Moore, L. K. Tyler, & W. D. Marslen-Wilson (Eds.), *The Perception of Speech* (pp. 49–78). New York: Oxford University Press.
- Moore, D. R., Ferguson, M. A., Halliday, L. F., & Riley, A. (2008). Frequency discrimination in children: perception, learning and attention. *Hear. Res.*, *238*, 147–154.
- Muenssinger, J., Matuz, T., Schleger, F., Kiefer-Schmidt, I., Goelz, R., Wacker-Gussmann, A., et al. (2013). Auditory habituation in the fetus and neonate: an fMEG study. *Dev. Sci.*, *16*, 287–295.
- Munoz-Lopez, M., & Kikuchi, Y. (2016). Editorial: The Functional Organization of the Auditory System. *Frontiers in neuroscience*, *10*, 290. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00290>
- Musacchia, G., Ortiz-Mantilla, S., Choudhury, N., Realpe-Bonilla, T., Roesler, C., & Benasich, A. A. (2017). Active auditory experience in infancy promotes brain plasticity in Theta and Gamma oscillations. *Developmental cognitive neuroscience*, *26*, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.04.004>
- Naatanen, R., & Alho, K. (1997). Higher-order processes in auditory-change detection. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(2), 44–45.
- Nenadovic, V., Stokic, M., Vukovic, M., Dokovic, S., & Subotic, M. (2014). Cognitive and electrophysiological characteristics of children with specific language impairment and

- subclinical epileptiform electroencephalogram. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(9), 37–41. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.958438>
- Noble, K. G., McCandliss, B. D., & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental science*, 10(4), 464–480. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x>
- Novitski, N., Huotilainen, M., Tervaniemi, M., Naatanen, R., & Fellman, V. (2007). Neonatal frequency discrimination in 250–4000 Hz range: electrophysiological evidence. *Clin. Neurophysiol.*, 118, 412–419.
- Nunez, P. L., Srinivasan, R., Westdorp, A. F., Wijesinghe, R. S., Tucker, D. M., Silberstein, R. B., & Cadusch, P. J. (1997). EEG coherency: I: statistics, reference electrode, volume conduction, Laplacians, cortical imaging, and interpretation at multiple scales. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 103(5), 499–515. doi: 10.1016/S0013-4694(97)00066-7
- Ocklenburg, S., Beste, C., Arning, L., Peterburs, J., & Güntürkün, O. (2014). The ontogenesis of language lateralization and its relation to handedness. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 43, 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.04.008>
- Ostrosky, F., Lozano, A. & González, G. (2016). *Batería neuropsicológica para preescolares de 3 a 5 años 11 meses*. Manual Moderno: México.
- Otero G. A. (1997). Poverty, cultural disadvantage and brain development: a study of pre-school children in Mexico. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 102(6), 512–516. [https://doi.org/10.1016/s0013-4694\(97\)95213-9](https://doi.org/10.1016/s0013-4694(97)95213-9)
- Pakulak, E., & Neville, H. J. (2010). Proficiency Differences in Syntactic Processing of Monolingual Native Speakers Indexed by Event-related Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2728–2744. doi:10.1162/jocn.2009.21393
- Parisse, C., & Maillart, C. (2009). Specific language impairment as systemic developmental disorders. *Journal of Neurolinguistics*, 22(2), 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2008.07.004>
- Park, H., Ince, R. A. A., Schyns, P. G., Thut, G., Park, H., Ince, R. A. A., ... Gross, J. (2015). Frontal Top-Down Signals Increase Coupling of Auditory Low-Frequency Oscillations to Continuous Speech in Human Listeners Report Frontal Top-Down Signals Increase Coupling of Auditory Low-Frequency Oscillations to Continuous Speech in Human Listeners. *Current Biology*, 25(12), 1649–1653. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.04.049>
- Parviainen, T., Helenius, P., Poskiparta, E., Niemi, P. & Salmelin, R. Speech perception in the child brain: Cortical timing and its relevance to literacy acquisition. *Hum. Brain Mapp.* 32(12), 2193–2206, <https://doi.org/10.1002/hbm.21181> (2011).
- Pasley, B. N., Flinker, A., & Knight, R. T. (2015). Speech Sounds. En *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference* (pp. 661–666). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00062-2>
- Petersen, D. B., & Gardner, C. M. (2011). Trastorno Específico del Lenguaje: Una revisión. *Revista Chilena de Fonoaudiología*, 10, 19–32.

- Pfurtscheller, G. (2001). Functional brain imaging based on ERD / ERS. *Vision Research*, 41, 1257–1260.
- Pfurtscheller, G., & Lopes, F. H. (1999). Event-related EEG / MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110, 1842–1857.
- Phillips, C. (2001). Levels of representation in the electrophysiology of speech perception. *Cognitive Science*, 25, 711–731.
- Phillips, C., Pellathy, T., Marantz, A., Yellin, E., Wexler, K., Poeppel, D., ... Roberts, T. (2000). Auditory Cortex Accesses Phonological Categories: An MEG Mismatch Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(6), 1038–1055.
- Pigdon, L., Willmott, C., Reilly, S., Conti-Ramsden, G., Liegeois, F., Connelly, A., & Morgan, A. T. (2020). The neural basis of nonword repetition in children with developmental speech or language disorder: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 138, 107312. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107312>
- Plakke, B., & Romanski, L. M. (2014). Auditory connections and functions of prefrontal cortex. *Frontiers in neuroscience*, 8, 199. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00199>
- Poeppel, D. (2015). Speech Perception. En *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference* (pp. 429–434). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00264-5>
- Pope, S. M., Tagliatela, J. P., Skiba, S. A., & Hopkins, W. D. (2018). Changes in Frontoparietotemporal Connectivity following Do-As-I-Do Imitation Training in Chimpanzees (Pan troglodytes). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(3), 421–431. doi:10.1162/jocn_a_01217 0.1016/j.molmed.2013.10.008
- Porrás-Illéscas, L. A., Jiménez-González, A., & Castañeda-Villa, N. (2017). Uso del Análisis por Componentes Independientes en la extracción de artefactos de la respuesta Mismatch Negativity. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(2), 420–436. <https://doi.org/dx.doi.org/10.17488/RMIB.38.2.1>
- Price, C. J. (2012). A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage*, 62(2), 816–847. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.062>.
- Raizada, R. D., Richards, T. L., Meltzoff, A., & Kuhl, P. K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialization of the left inferior frontal gyrus in young children. *NeuroImage*, 40(3), 1392–1401. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.01.021>
- Rauschecker J. P. (2018). Where, When, and How: Are they all sensorimotor? Towards a unified view of the dorsal pathway in vision and audition. *Cortex*, 98, 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.020>
- Reznik, D., & Mukamel, R. (2018). Motor output, neural states and auditory perception. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 96, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.10.021>
- Roa, P. A. (2016). *Bases neurofisiológicas y cognitivas del Trastorno Específico del Lenguaje de etiología genética: Estudio con Potenciales Relacionados a Eventos*. Tesis de maestría: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Robertson, E.K., Joanisse, M.F., Desroches, A.S. & Ng, S. (2009). Categorical speech perception deficits distinguish language and Reading impairments in children. *Developmental Science* 12, 753–767, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00806.x>
- Romanski, L. M., Tian, B., Fritz, J., Mishkin, M., Goldman-Rakic, P. S., & Rauschecker, J. P. (1999). Dual streams of auditory afferents target multiple domains in the primate prefrontal cortex. *Nature neuroscience*, 2(12), 1131–1136. <https://doi.org/10.1038/16056>
- Ross, E. D. (2010). Cerebral localization of functions and the neurology of language: Fact versus fiction or is it something else? *The Neuroscientist*, 16, 222–243.
- Rourke, B. P., & Fuerst, D. R. (1992). Psychosocial dimensions of learning disability subtypes: Neuropsychological studies in the Windsor Laboratory. *School Psychology Review*, 21(3), 361–374.
- Rudolph, J. M. (2017). Case history risk factors for Specific Language Impairment: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 1–20.
- Sandoval, D. J. (2014). *Análisis de componentes independientes aplicado al estudio de la actividad cerebral*. Tesis de grado: Universidad Nacional de Colombia.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. doi:10.1213/ane.0000000000002864
- Segura, S., Posada, S., Ospina, M. L., & Ospina, H. A. (2011). Estandarización del Inventario CDI en niños y adolescente entre 12 y 17 años, del Municipio de Sabaneta del Departamento de. *International Journal of Psychological Research*, 3(2), 63–73.
- Serniclaes, W., Heghe, S. V., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(4), 336–361. doi: 10.1016/j.jecp.2004.02.001
- Serpanos, Y. C., & Gravel, J. S. (2000). Assessing growth of loudness in children by cross-modality matching. *J. Am. Acad. Audiol.*, 11, 190–202.
- Serpanos, Y. C., & Gravel, J. S. (2004). Revisiting loudness measures in children using a computer method of cross-modality matching (CMM). *J. Am. Acad. Audiol.*, 15, 486–497.
- Shafer, V.L., Schwartz, R.G. & Martin, B. (2011). Evidence of deficient central speech processing in children with specific language impairment: the T-complex. *Clinical Neurophysiology* 122, 1137–1155, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2010.10.046>.
- Shamma, S. A., & Micheyl, C. (2010). Behind the scenes of auditory perception. *Current Opinion in Neurobiology*, 20(3), 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.03.009>
- Sidtis, J. J. (2007). Some problems for representations of brain organization based on activation in functional imaging. *Brain and Language*, 102, 130–140.
- Siok, W. T., Jin, Z., Fletcher, P., & Tan, L. H. (2003). Distinct brain regions associated with syllable and phoneme. *Human Brain Mapping*, 18(3), 201–207. doi:10.1002/hbm.10094

- Skoe, E., Krizman, J., & Kraus, N. (2013). The impoverished brain: Disparities in maternal education affect the neural response to sound. *The Journal of Neuroscience*, 33, 17221–17231
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Snowling, M. J., Bishop, D. V. M., Stothard, S. E., Chipchase, B., & Kaplan, C. (2006). Psychosocial outcomes at 15 years of children with a preschool history of speech-language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(8), 759–765. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01631.x>
- Somers, M., Shields, L. S., Boks, M. P., Kahn, R. S., & Sommer, I. E. (2015). Cognitive benefits of right-handedness: a meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 51, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.003>
- Spence, S. H. (1997). Structure of Anxiety Symptoms Among Children: A Confirmatory Factor-Analytic Study. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(2), 280–297. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0021-843X.106.2.280>
- Stark, R., & Tallal, P. (1981). Selection of children with Specific Language Deficits. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46(Mayo), 114–122.
- Stemmer, B. (2015). Handedness and Language, Relationship between. En *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Second Edition). Elsevier.
- Stevens, C., Paulsen, D., Yasen, A., Mitsunaga, L., & Neville, H. (2012). Electrophysiological evidence for attenuated auditory recovery cycles in children with specific language impairment. *Brain Research*, 1438, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.12.039>
- Strand, F., Forssberg, H., Klingberg, T., & Norrelgen, F. (2008). Phonological working memory with auditory presentation of pseudo-words -- an event related fMRI Study. *Brain research*, 1212, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.02.097>
- Studdert-Kennedy, M. (2002). Deficits in phoneme awareness do not arise from failures in rapid auditory processing. *Reading and Writing*, 15, 5–14.
- Studdert-Kennedy, M., & Mody, M. (1995). Auditory temporal perception deficits in the reading-impaired: A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin y Review*, 2, 508–514.
- Szaflarski, J. P., Rajagopal, A., Altaye, M., Byars, A. W., Jacola, L., Schmithorst, V. J., Schapiro, M. B., Plante, E., & Holland, S. K. (2012). Left-handedness and language lateralization in children. *Brain research*, 1433, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.11.026>
- Tabiowo, E., & Forrester, G. S. (2013). Structured bimanual actions and hand transfers reveal population-level right-handedness in captive gorillas. *Animal Behaviour*, 86(5), 1049–1057. doi: 10.1016/j.anbehav.2013.09.010
- Tallal, P., & Piercy, M. (1973a). Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. *Nature*, 241, 468–469.

- Tallal, P., & Piercy, M. (1973b). Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia*, 11, 389–398.
- Tallal, P., & Piercy, M. (1974). Developmental aphasia: Rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. *Neuropsychologia*, 12, 83–93.
- Tallal, P., & Piercy, M. (1975). Developmental aphasia: The perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia*, 13, 69–74
- Tallal, P., Miller, S. L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S. S., Schreiner, C., Jenkins, W. M., & Merzenich, M. M. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science* (New York, N.Y.), 271(5245), 81–84. <https://doi.org/10.1126/science.271.5245.81>
- Tallal, P., Stark, R. E. & Mellits, D. (1985). The relationship between auditory temporal analysis and receptive language development: Evidence from studies of developmental language disorder. *Neuropsychologia*, 23(4), 527–534. doi:10.1016/0028-3932(85)90006-5
- Tallon-Baudry, C., & Bertrand, O. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(4), 151–162.
- Tanji, K., Sakurada, K., Funiu, H., Matsuda, K., Kayama, T., Ito, S., & Suzuki, K. (2015). Functional significance of the electrocorticographic auditory responses in the premotor cortex. *Frontiers in neuroscience*, 9, 78. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00078>
- Tomarken, A. J., Dichter, G. S., Garber, J., & Simien, C. (2004). Resting frontal brain activity: linkages to maternal depression and socio-economic status among adolescents. *Biological psychology*, 67(1-2), 77–102. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.03.011>
- Tomas, E., & Vissers, C. (2019). Behind the Scenes of Developmental Language Disorder: Time to Call Neuropsychology Back on Stage. *Frontiers in Human Neuroscience* (January). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00517>
- Tomblin, J. B., Records, N. L., & Zhang, X. (1996). A system for the diagnosis of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of speech and hearing research*, 39(6), 1284–1294. <https://doi.org/10.1044/jshr.3906.1284>
- Tomblin, J. B., Smith, E., & Zhang, X. (1997). Epidemiology of Specific Language Impairment: prenatal and perinatal risk factors. *Journal of Communication Disorders*, 30, 325–344.
- Tonnquist-Uhlén, I., Borg, E., Persson, H.E. & Spens, K.E. (1996). Topography of auditory evoked cortical potentials in children with severe Language impairment: the N100 component. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 100, 250–260
- Tóth, B., Kocsis, Z., Urbán, G., & Winkler, I. (2016). Theta oscillations accompanying concurrent auditory stream segregation. *International Journal of Psychophysiology*, 106, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.05.002>
- Uhlhaas, P. J., Pipa, G., Lima, B., Melloni, L., Neuenschwander, S., Nikolić, D., & Singer, W. (2009). Neural synchrony in cortical networks: history, concept and current status. *Frontiers in integrative neuroscience*, 3, 17. <https://doi.org/10.3389/neuro.07.017.2009>

- Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92(1-2), 231–270. doi: 10.1016/j.cognition.2003.10.008
- Ullman, M. T., & Pierpont, E. I. (2005). Specific Language Impairment is not specific to language: the procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399–433.
- Uwer, R., Albrecht, R. & von Suchodoletz, W. (2002). Automatic processing of tones and speech stimuli in children with specific Language impairment. *Dev Med Child Neurol*.44:527-32.
- Vaden, K. I., Jr, Kuchinsky, S. E., Cuta, S. L., Ahlstrom, J. B., Dubno, J. R., & Eckert, M. A. (2013). The cingulo-opercular network provides word-recognition benefit. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(48), 18979–18986. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1417-13.2013>
- van Bijnen, S., Kärkkäinen, S. & Parviainen, T. (2019). Left hemisphere enhancement of auditory activation in language impaired children. *Scientific Reports*. 10.1038/s41598-019-45597-y.
- van der Lely, H. K. & Pinker, S. (2014). The biological basis of language: insight from developmental grammatical impairments. *Trends in cognitive sciences*, 18(11), 586–595. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.07.001>
- van der Lely, H. K. J., & Howard, D. (1993). Children with Specific Language Impairment: Linguistic Impairment or Short-Term Memory Deficit? *Journal of Speech and Hearing Research*, 36(December), 1193–1207.
- van der Lely, H. K. J., Rosen, S., & McClelland, A. (1998). Evidence for a grammar-specific deficit in children. *Current Biology*, 8, 1253–1258.
- Vandewalle, E., Boets, B., Ghesquière, P., & Zink, I. (2012). Auditory processing and speech perception in children with specific language impairment: Relations with oral language and literacy skills. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 635–644. doi: 10.1016/j.ridd.2011.11.005
- Vanvooren, S., Hofmann, M., Poelmans, H., Ghesqui, P., & Wouters, J. (2015). Theta, beta and gamma rate modulations in the developing auditory system. *Hearing Research*, 327, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.06.011>
- Venkateswaran, S., & Shevell, M. I. (2008). Comorbidities and clinical determinants of outcome in children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(3), 216–222. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.02033.x
- Vingerhoets, G., Alderweireldt, A. S., Vandemaele, P., Cai, Q., Van der Haegen, L., Brysbaert, M., & Achten, E. (2013). Praxis and language are linked: evidence from co-lateralization in individuals with atypical language dominance. *Cortex: a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 49(1), 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.11.003>
- Vydrova, R., Komarek, V., Sanda, J., Sterbova, K., Jahodova, A., Maulisova, A., ... Kyncl, M. (2015). Structural alterations of the language connectome in children with specific language impairment. *Brain and Language*, 151, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.10.003>

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Webb, S., Janus, M., Duku, E., Raos, R., Brownell, M., Forer, B., Guhn, M., & Muhajarine, N. (2016). Neighbourhood socioeconomic status indices and early childhood development. *SSM - population health*, 3, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2016.11.006>
- Webster, R. I., & Shevell, M. I. (2004). Neurobiology of Specific Language Impairment. *Journal of Child Neurology*, 19(7), 471–481. <https://doi.org/10.1177/08830738040190070101>
- 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.
- Wilson, S. M., Galantucci, S., Tartaglia, M. C., & Gorno-Tempini, M. L. (2012). The neural basis of syntactic deficits in primary progressive aphasia. *Brain and language*, 122(3), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.04.005>
- Winkler, I., Haden, G. P., Ladinig, O., Sziller, I., & Honing, H. (2009). Newborn infants detect the beat in music. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106, 2468–2471.
- Winkler, I., Horváth, J., Weisz, J., & Trejo, L. J. (2009). Deviance detection in congruent audiovisual speech: Evidence for implicit integrated audiovisual memory representations. *Biological Psychology*, 82, 281–292. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.08.011>
- Zauche, L. H., Thul, T. A., Mahoney, A. E. D., & Stapel-Wax, J. L. (2016). Influence of language nutrition on children's language and cognitive development: An integrated review. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 318–333. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2016.01.015>
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., & Lorenzi, C. (2011). Noise on, voicing off: Speech perception deficits in children with specific language impairment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(3), 362–372. doi: 10.1016/j.jecp.2011.05.001
- Ziegler, J.C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.X. & Lorenzi, C. (2005). Deficits in speech perception predict language impairment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (39), 14110–14115, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0504446102>.

11. APÉNDICES

Apéndice A. Carteles invitación a participar.



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 del TEL"

¿Te gustaría saber cómo es la actividad eléctrica cerebral de tu hijo? o ¿cómo se encuentra en habilidades de lenguaje, atención y memoria?

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

- Electroencefalograma
- Evaluación neuropsicológica completa (incluye CI)

Requisitos:

- ✓ Tener entre 5 y 7 años
- ✓ No tener problemas auditivos
- ✓ Disponibilidad para acudir al INR

Mayores informes

Lic. Natali Lagarda Badilla
Cel. 5591-69-43-35
Mtra. Marlene Galicia Alvarado
marlenegalia@gmail.com



Subdirección de Investigación Biomédica
Audiología, Foniatría y Patología del Lenguaje
Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento

"Características electrofisiológicas y cognitivas del TEL"

Maestro(a):

¿Tienes un alumno, de entre 5 y 7 años, con...

problemas para expresarse, responder preguntas, explicar conceptos, narrar eventos y hacer descripciones?

Puede participar en nuestro estudio y de manera **GRATUITA** le realizaremos:

- Electroencefalograma
- Evaluación neuropsicológica completa (incluye CI)

Mayores informes

Lic. Natali Lagarda Badilla
Cel. 5591-69-43-35
Mtra. Marlene Galicia Alvarado
marlenegalia@gmail.com



Subdirección de Investigación Biomédica
Audiología, Foniatría y Patología del Lenguaje
Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento

"Características electrofisiológicas y cognitivas del TEL"

Maestro(a):

¿Tienes un alumno, de entre 5 y 7 años, con las siguientes dificultades?

- ✓ Tiene problemas de pronunciación
- ✓ Utiliza expresiones cortas y simples
- ✓ Cuenta con un vocabulario pobre
- ✓ No cumple órdenes porque no las comprende
- ✓ Presta poca atención auditiva
- ✓ Tiene pocos amigos problemas de conducta
- ✓ Problemas para adquirir la lectoescritura



Puede participar en nuestro estudio y de manera **GRATUITA** le realizaremos:
- Electroencefalograma
- Evaluación neuropsicológica completa (incluye CI)

Mayores informes

Lic. Natali Lagarda Badilla
Cel. 5591-69-43-35
Mtra. Marlene Galicia Alvarado
marlenegalia@gmail.com

Apéndice B. Consentimiento informado.

Título: “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”

Lugar y fecha: Ciudad de México a ____/____/____

1. ¿Para qué se efectúa esta investigación médica?

La presente investigación clínica se realiza en el Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra (INRLGII). El objetivo de la investigación es comparar las características del funcionamiento cerebral de niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) y de niños con desarrollo típico.

2. ¿En qué consiste la investigación?

En esta investigación se realizará un electroencefalograma (EEG) durante la presentación de estímulos auditivos. El EEG representa un riesgo mínimo para el/la menor ya que no es invasivo ni doloroso. Adicionalmente, se aplicarán pruebas neuropsicológicas que miden habilidades como: lenguaje, atención, memoria y estado de ánimo.

3. ¿Quiénes pueden participar en esta investigación?

Pueden participar niños (as) de entre 5 y 7 años 11 meses de edad que presenten retraso o alteraciones en el lenguaje, que afecten el proceso de comunicación con otros y que no puedan ser explicadas por: algún daño o lesión evidente en el cerebro, alteraciones motoras y/o estructurales del aparato fonarticulador, déficits auditivos, discapacidad mental y/o alteraciones emocionales.

La participación de su hijo en la investigación es totalmente voluntaria, por lo que usted y/o el menor pueden negarse a participar, o bien, retirarse de la misma cuando así lo decidan sin que acarree perjuicio alguno para el menor o para usted dentro del INRLGII. Si tiene la disponibilidad y desea que su hijo participe en la investigación, se leerá con usted el presente consentimiento informado y con su hijo el asentimiento informado, verificando que no existan dudas para ambas partes; ambos documentos deberán ser firmados si están de acuerdo.

4. ¿Quiénes no pueden participar en esta investigación?

Por las características de la presente investigación, no es posible que participen niños:

- Que no tengan entre 5 y 7 años 11 meses de edad.
- Que presenten un puntaje dentro de la norma (por arriba del percentil 26-75: promedio) en pruebas de lenguaje.
- Que presenten un Coeficiente Intelectual (CI) menor a 80 en la escala WISC-IV
- 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 un 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).

5. ¿Qué se me pedirá que haga mi hijo(a)?

Acudir con el/la menor a las instalaciones del laboratorio de EEG en el Servicio de Electrodiagnóstico, primer piso del edificio principal del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra (INRLGII) (Calzada México Xochimilco 289, Col Guadalupe Arenal, Tlalpan) a cinco o seis 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; cuestionario de signos neurológicos blandos, escalas de ansiedad y depresión que deberán ser respondidas por el menor (1 hora. aprox.)

2ª sesión: En función de su edad, se le aplicará al menor la prueba de inteligencia WISC-IV o WPPSI-III (1 hora y media. aprox)

3ª sesión: Responderá subpruebas de la batería ENI (1 hora aprox.)

4ª sesión: Responderá subpruebas de la batería ENI (1 hora aprox.)

5ª sesión: Responderá subpruebas de la batería ENI (1 hora aprox.)

6ª sesión: se realizará el EEG (1 hora aprox.)

6. ¿Qué es un 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.

7. ¿Quién sufraga los gastos de la investigación?

Las valoraciones son completamente gratuitas. Al finalizar el periodo de recolección de información, se le 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. Los costos derivados de valoraciones clínicas o medicamentos no relacionados con la presente investigación son cubiertos por los pacientes a excepción de efectos secundarios relacionados a la investigación. Tampoco se tiene contemplada alguna recompensa económica por su participación.

8. ¿Qué efectos indeseables pueden sucederle a mi hijo(a) al participar en la presente investigación?

La investigación es considerada 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. En el caso de sufrir daños directamente causados por la investigación, el participante tiene derecho a recibir el tratamiento médico y/o la indemnización correspondiente por parte del INRLGII, en los casos que así lo ameriten.

9. ¿Qué debo hacer en caso de que tenga mi hijo (a) alguna molestia?

Si nota que su hijo presenta alguna molestia física antes, durante o después de alguna de las sesiones de la investigación, es importante que acuda al Laboratorio de EEG, 1º piso del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra o lo notifique al teléfono 59991000 Ext. 13270 con la Mtra. Marlene Alejandra Galicia Alvarado.

10. Si mi hijo(a) tiene que hospitalizarse por efecto indeseable relacionado con la investigación ¿quién sufraga las cuentas del hospital?

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

11. ¿Qué beneficios puedo esperar?

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

12. ¿A quién debo llamar en caso de tener preguntas o alguna aclaración acerca de los riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación?

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

Mtra. Marlene Alejandra Galicia Alvarado
Laboratorio de EEG, 1º piso del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra
Av. Méx Xomchimilco No. 289 Col. Arenal de Gpe. C.P. 10241
Tel. 59991000 Ext. 13270
marlenegalicia@gmail.com

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

Lic. Natali Lagarda Badilla
Facultad de Psicología, UNAM
Av. Universidad No. 3004
Copilco Universidad
Cel. 6622242253
natalilagarda@gmail.com

13. ¿Puedo negarme/mi hijo(a) puede negarse a participar en esta investigación y se me puede pedir que abandone la investigación?

Usted y/o su hijo pueden negarse a participar en la presente investigación, sin que ello demerite de ninguna manera la calidad de atención que reciba en el INRLGII. Sin embargo, si usted y su hijo aceptan la presente invitación, su participación puede suspenderse por la negativa o poca disposición del menor para realizar las valoraciones mencionadas, o bien, posponerse si el menor contrae alguna enfermedad infecciosa o viral que pueda poner en riesgo de contagio a la demás población dentro del hospital.

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

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

15. ¿Qué se hará con los datos recolectados?

Se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo del registro de EEG para su inspección clínica. Los datos de las pruebas psicológicas se calificarán acorde a la edad de cada uno de los participantes para conocer el desempeño cognoscitivo del menor.

16. ¿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 esta investigación, si él/ella asiente 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 la investigación o que lo abandone en cualquier momento comunicándoselo a los investigadores responsables
- Podría ser que mi hijo(a) tenga que abandonar la investigación 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 paciente |
|---------------------|--------------------|--------------------------|

Dirección

| | | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|
| Nombre de Testigo 2 | Firma de Testigo 2 | Relación con el paciente |
|---------------------|--------------------|--------------------------|

Dirección

Apéndice C. Asentimiento informado.

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 Natali Lagarda Badilla 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 cuadrado 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

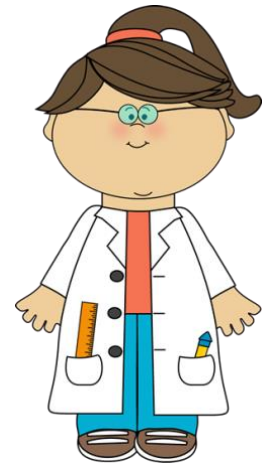
Yo certifico que le he explicado al menor de edad la naturaleza y el objetivo de la investigación, y que él o ella entiende en qué consiste su participación, los posibles riesgos y beneficios implicados.

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):



Apéndice D. Historia clínica del desarrollo.

| HISTORIA CLINICA DEL DESARROLLO | | | | | |
|---|---|--|---|----------------------|--|
| EN NIÑOS Y NIÑAS CON TRASTORNO ESPECÍFICO DEL LENGUAJE | | | | | |
| 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 | |
| IMC: | | Lengua Materna: _____ | | Otros Idiomas | |
| Lateralidad: | | | | Hablado % | |
| Diestro(a) | | | | Escrito % | |
| Zurdo(a) | | | | Comprensión % | |
| Mixto | | | | | |
| Nombre de la Madre: | | | Edad: | | |
| Escolaridad: | | Ocupación: | | Escolaridad: | |
| 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: | <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí | Cantidad: |
| Consumo de tabaco: | <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí | Cantidad: |
| Otras sustancias tóxicas: | <input type="radio"/> No <input type="radio"/> 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? | <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí | |
| Duración del embarazo (en semanas) | Peso al nacer _____kg _____Gr. <input type="radio"/> Peso normal al nacer (> o = 2500 g) <input type="radio"/> Muy bajo peso al nacer (<1500 g) | |
| Duración del parto (en horas): | Puntuación APGAR: | |
| Parto natural <input type="radio"/> Cesárea <input type="radio"/> | Describe porque fue cesárea: | |
| Estado del niño al nacer | | |
| Estado de la madre: | | |
| Indique si se produjo alguna complicación durante el parto. | | |
| Sufrimiento fetal <input type="radio"/> | Anormalidades congénitas <input type="radio"/> | |
| Cianosis <input type="radio"/> | | |
| Hiperbiliuminemia <input type="radio"/> | | |
| 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 |

DATOS RELACIONADOS CON LA SINTOMATOLOGÍA DEL TEL**Diagnóstico del INR:****CIE 10:****Audición**

- **Audiometría:**

| | | |
|-------------------|----------------|--------------|
| curva de audición | oído izquierdo | oído derecho |
|-------------------|----------------|--------------|
- **Logoaudiometría:**

| | | |
|----------------|----------------|--------------|
| Discriminación | oído izquierdo | oído derecho |
|----------------|----------------|--------------|
- **Impedanciometría:**

| | | | |
|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Reflejos estapediales | oído izquierdo: oído derecho: | ipsilaterales ipsilaterales | contralaterales contralaterales |
|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
- **Presión y complianza**
- **Otitis media supurativa:** No Sí **Frecuencia**
- **Otorrea** No Sí

Alteraciones en el aparato fonoarticulador

- Labio leporino y/o fisura palatina
- Maloclusión dental
- Disartria
- Apraxia del habla infantil

Disfunción neurológica

- Epilepsia (especificar si recibe tratamiento farmacológico)
- Convulsiones febriles
- Parálisis cerebral
- Síndrome de Landau-Kleffner

Descripción de problemas lingüísticos**Comprensión:****Expresión:**

- Dificultad en producción de fonemas:

- Sintaxis:

- Semántica:

TRATAMIENTO MÉDICO ACTUAL¿Está tomando algún medicamento?: No 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. | | | | | |
| Músculos esqueléticos | | | | | |
| Dolor muscular | <input type="radio"/> | No | <input type="radio"/> | Sí | Frecuencia: |
| 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 | <input type="radio"/> | No | <input type="radio"/> | Sí | Frecuencia: |

control del movimiento ocular)

INTERVENCIONES

¿Se ha recibido tratamiento previo a la lesión?

Si__ No__ Estimulación temprana__ Terapia de lenguaje__ Terapia física __ Ocupacional__ Otra:

Duración de sesiones: _____

¿Se han recibido algún tratamiento de Rehabilitación posterior al establecimiento del diagnóstico?

Física Describa: _____

Sesiones:

Lenguaje Describa: _____

Sesiones:

Ocupacional Describa: _____

Sesiones:

Otras: _____

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

Tipo de tratamiento:

¿Le han hecho al niño algún examen psicológico o psiquiátrico? No Sí

Razón del examen:

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 a 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) |

| | |
|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • 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? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí En caso afirmativo, ¿quién? _____ ¿Qué tipo de educación? _____ | |
| HABILIDADES SOCIALES | |
| Tiene problemas para relacionarse o jugar con otros niños <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí En caso afirmativo, descríbalos: | |
| Se pelea frecuentemente con otros niños <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ | Prefiere jugar con niños más pequeños <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ |
| Le cuesta trabajo hacer amigos <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ | Prefiere jugar solo <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ |
| Le cuesta trabajo comprender lo que las otras personas expresan <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ | Le cuesta trabajo comunicar lo que quiere expresar a otros <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ |
| ¿Su hijo es capaz de entender cuando alguien está mintiendo? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ _____ | ¿Su hijo entiende la diferencia entre el juego y la realidad? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí _____ _____ |
| ÁREA EMOCIONAL | |
| ¿Cuál es el estado de ánimo más frecuente? _____ | |
| ¿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? Explique _____ _____ | |
| ¿Considera que hay alguna situación familiar o escolar que esté afectando el estado de ánimo de su hijo en este momento? ¿Cuál? _____ | |

Alteración en el estado de ánimo debido a dificultades en la comunicación; al no ser entendido o al no poderse expresar (Frustración, Depresión, Ansiedad):

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, descríballo _____

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, descríbalo

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? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí ¿Qué edad tenía el niño en ese momento? _____ |

Apéndice E. Cuestionario de Índice de Nivel Socioeconómico Regla AMAI NSE 8X7.

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 (Si el entrevistado pregunta específicamente si cierto tipo de pieza pueda incluirla o no, debe consultarse la referencia que se anexa).

| 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?

1

| 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 | |

Apéndice F. Cuestionario de Depresión Infantil (CDI) (Kovacs et al, 1983). Versión española Domenéch y Polaino-Lorente, 1990).

CUESTIONARIO DE DEPRESION INFANTIL (CDI)

(VERSION ESPAÑOLA) * (Polaino-Lorente y cols., 1988)

1. Estoy triste de vez en cuando
 Estoy triste muchas veces
 Estoy triste siempre
2. Nunca me saldrá nada bien
 No estoy seguro de se las cosas me saldrán bien
 Las cosas me saldrán bien
3. Hago bien la mayoría de las cosas
 Hago mal muchas cosas
 Todo lo hago mal
4. Me divierten muchas cosas
 Me divierten algunas cosas
 Nada me divierte
5. Soy malo siempre
 Soy malo muchas veces
 Soy malo algunas veces
6. A veces pienso que me pueden ocurrir cosas malas
 Me preocupa que me ocurran cosas malas
 Estoy seguro de que me van a ocurrir cosas terribles
7. Me odio
 No me gusta como soy
 Me gusta como soy
8. Todas las cosas malas son culpa mía
 Muchas cosas malas son culpa mía
 Generalmente no tengo la culpa de que ocurran cosas malas
9. No pienso en matarme
 Pienso en matarme pero no lo haría
 Quiero matarme
10. Tengo ganas de llorar todos los días
 Tengo ganas de llorar muchos días
 Tengo ganas de llorar de cuando en cuando

11. Las cosas me preocupan siempre
 Las cosas me preocupan muchas veces
 Las cosas me preocupan de cuando en cuando
12. Me gusta estar con la gente
 Muy a menudo no me gusta estar con la gente
 No quiero en absoluto estar con la gente
13. No puedo decidirme
 Me cuesta decidirme
 Me decido fácilmente
14. Tengo buen aspecto
 Hay algunas cosas de mi aspecto que no me gustan
 Soy feo/a
15. Siempre me cuesta ponerme a hacer los deberes
 Muchas veces me cuesta ponerme a hacer los deberes
 No me cuesta ponerme a hacer los deberes
16. Todas las noches me cuesta dormirme
 Muchas noches me cuesta dormirme
 Duermo muy bien
17. Estoy cansado de cuando en cuando
 Estoy cansado muchos días
 Estoy cansado siempre
18. La mayoría de los días no tengo ganas de comer
 Muchos días no tengo ganas de comer
 Como muy bien
19. No me preocupa el dolor ni la enfermedad
 Muchas veces me preocupa el dolor y la enfermedad
 Siempre me preocupa el dolor y la enfermedad
20. Nunca me siento solo
 Me siento solo muchas veces
 Me siento solo siempre
21. Nunca me divierto en el colegio
 Me divierto en el colegio sólo de vez en cuando
 Me divierto en el colegio muchas veces

- 22. Tengo muchos amigos
- Tengo algunos amigos pero me gustaría tener más
- No tengo amigos

- 23. Mi trabajo en el colegio es bueno
- Mi trabajo en el colegio no es tan bueno como antes
- Llevo muy mal las asignaturas que antes llevaba bien

- 24. Nunca podré ser tan bueno como otros niños
- Si quiero puedo ser tan bueno como otros niños
- Soy tan bueno como otros niños

- 25. Nadie me quiere
- No estoy seguro de que alguien me quiera
- Estoy seguro de que alguien me quiere

- 26. Generalmente hago lo que me dicen
- Muchas veces no hago lo que me dicen
- Nunca hago lo que me dicen

- 27. Me llevo bien con la gente
- Me peleo muchas veces
- Me peleo siempre

Apéndice G. Escala de Ansiedad para Niños (SCAS) (Spence, 1997). Versión en español mexicano (Hernández-Guzmán et al., 2010).

Escala de Ansiedad para Niños de Spence


Marca con una "X" dentro del paréntesis la opción que muestre con qué tan seguido te pasan estas cosas a tí. No hay respuestas buenas o malas.

1. Hay cosas que me preocupan
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
2. Me da miedo la oscuridad
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
3. Cuando tengo un problema siento feo en el estómago
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
4. Siento temor
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
5. Sentiría temor si me quedara solo(a) en casa
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
6. Me da miedo presentar un examen
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
7. Siento temor o mucho asco si tengo que usar baños públicos
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
8. Me preocupo cuando estoy lejos de mis padres
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
9. Tengo miedo de hacer el ridículo enfrente de la gente
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
10. Me preocupo por hacer un mal trabajo en la escuela
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
11. Soy popular entre los niños y niñas de mi misma edad
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
12. Me preocupo porque algo malo le suceda a alguien de mi familia
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
13. De repente siento como si no pudiera respirar sin razón alguna
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
14. Tengo que estar revisando varias veces que las cosas que hago estén bien
(como apagar la luz, o cerrar la puerta con llave)
Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()

15. Me da miedo dormir solo(a)
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
16. Antes de ir a la escuela me siento nervioso(a) y con miedo
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
17. Soy bueno en los deportes
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
18. Me dan miedo los perros
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
19. No puedo dejar de pensar en cosas malas o tontas
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
20. Cuando tengo un problema, mi corazón late muy fuerte
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
21. De repente empiezo a temblar sin razón
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
22. Me preocupa que algo malo pueda pasarme
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
23. Me asusta ir al doctor o al dentista
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
24. Cuando tengo un problema me siento nervioso(a)
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
25. Me asustan los lugares altos (como montañas, azoteas, etc.) o los elevadores
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
26. Soy un(a) buen(a) niño(a)
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
27. Tengo que pensar en cosas especiales (por ejemplo, pensar en un número o en una palabra) que me ayuden a evitar que pase algo malo
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
28. Me siento asustado (a) si tengo que viajar en carro, autobús o metro
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
29. Me preocupa lo que otras personas piensan de mí
 Nunca () A veces () Muchas veces () Siempre ()
30. Me da miedo estar en lugares donde hay mucha gente (centros comerciales, cines, camiones, parques)

- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
31. Me siento feliz
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
32. De repente me siento muy asustado(a) sin razón
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
33. Me dan miedo los insectos o las arañas
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
34. De repente me siento mareado(a) o que me voy a desmayar sin razón
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
35. Me da miedo tener que hablar frente a mis compañeros de clase
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
36. De repente mi corazón late muy rápido sin razón
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
37. Me preocupa sentirme asustado(a) de repente sin que haya nada que temer
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
38. Me gusta como soy
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
39. Me da miedo estar en lugares pequeños o cerrados (como túneles o cuartos pequeños)
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
40. Tengo que hacer cosas una y otra vez (como lavarme las manos, limpiar o poner las cosas en orden)
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
41. Me molestan pensamientos tontos o malos, o imágenes en mi mente
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
42. Hay cosas que tengo que hacer de la manera correcta para que no pase nada malo
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
43. Me siento orgulloso(a) de mi trabajo en la escuela
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
44. Me daría miedo pasar la noche lejos de mi casa
- | | | | |
|-----------|-------------|------------------|-------------|
| Nunca () | A veces () | Muchas veces () | Siempre () |
|-----------|-------------|------------------|-------------|

Apéndice H. Tamiz de Problemas de Lenguaje (Auza, Murata, Márquez y Morgan, 2018).

| HOJA DE RESULTADOS | | | | |
|---|-------|-------------|---|--|
| Nombre: | | Edad: | | |
| Fecha: | | Lugar: | | |
| Puntaje crudo | | Resultado % | Porcentaje esperado | Sospecha de trastorno |
| TPL Morfología | _____ | _____ | TPL Morfología | <p>Rojo: probable trastorno, evaluación completa</p> <p>Amarillo: sospecha de trastorno, envío a evaluación</p> <p>Verde: sin problema</p>  |
| Repetición de oraciones | _____ | _____ | TPL Repetición Oraciones | |
| TPL GLOBAL | _____ | _____ | <p>% Global</p> <p>3:0-3:5 años: > 61%</p> <p>3:6-3:11 años: > 67%</p> <p>4:0-4:5 años: > 75%</p> <p>4:6-4:11 años: > 79%</p> <p>5 años: > 84%</p> <p>6 años: > 88%</p> | |
| <p>Resultados:</p> <p>El niño se ubica en el percentil _____ lo cual indica que si/no hay una sospecha.</p> <p>Tiene un _____% de probabilidades de que tenga un TEL.</p> <p>El resultado de la prueba TPL indica que el niño si/no debe ser evaluado en un nivel más detallado.</p> | | | | |

TAREA DE MORFOLOGÍA

INSTRUCCIONES:

Muestre cada imagen y lea los reactivos una sola vez. Si la respuesta es distinta a la marcada dentro de las casilla de posibles aciertos, márquela con cero (0). Sólo en los ejemplos está permitido apoyar al niño. Para comenzar indique al niño: "Vamos a ver unos dibujos y tú me dices qué son."

| # | Preguntas y Respuestas posibles | Puntos (Círculo) | Error (Escribe la respuesta) |
|---|---|------------------|------------------------------|
| A. Artículos. El artículo utilizado debe coincidir con el sustantivo (p. ej., LAS ratas // LOS ratones) Ejemplo: Mira, ¿qué hay aquí? // Respuestas posibles: UNA abeja / UN bicho. | | | |
| 1 | ¿A quiénes les lee la gallina? A LOS ratones / A UNOS ratones | 1 | 0 |
| 2 | ¿Cuáles animales hacen siempre muuu? LAS vacas | 1 | 0 |
| B. Clíticos Ejemplo: Aquí la niña tiene una guitarra. ¿Qué hace con ella? // Respuestas posibles: LA toca / (está) tocando LA / LA va a tocar / (va a) tocar LA | | | |
| 3 | ¿Qué le va a hacer la niña a la flor? LA va a cortar / cortar LA / (está) cortando LA | 1 | 0 |
| 4 | ¿Qué hizo el señor con los peces? LOS pescó, secó, guardó, puso / guardando LOS / secando LOS , etcétera. | 1 | 0 |
| 5 | ¿Qué hace la niña con la moneda? LA guarda, LA mete / LA va a guardar, meter / va a guardar LA , etcétera. | 1 | 0 |
| C. Preposiciones Ejemplo: ¿Dónde va a pasar el niño? Respuestas posibles: POR un tubo, túnel, tronco, etcétera. POR allí | | | |
| 6 | ¿Dónde pegó la foto? EN el libro, cuaderno, libreta, álbum etcétera. | 1 | 0 |
| 7 | La cuchara sirve... ***NOTA: ALARGUE LA ENTONACIÓN PARA QUE EL NIÑO COMPLETE LA FRASE*** PARA comer | 1 | 0 |
| 8 | ¿Dónde fueron los niños? A la fiesta, A jugar / AL parque, AL patio, etcétera. | 1 | 0 |
| D. Derivativos, parte 1. Puede ser una palabra innovada con terminación ero-era- / ador-adora Ejemplo: Ahora mira, este señor está arreglando el jardín. Es un... Respuestas posibles: jardín ERO , jardín ADOR | | | |
| 9 | Este señor pesca y es un... pesc ADOR / pescad ERO | 1 | 0 |
| 10 | Esta señora plancha y es una... planch ADORA / planch ADERA | 1 | 0 |
| D. Derivativos, parte 2. Debe ser una palabra real con terminación ado- ido -ada -ida Ejemplo: Este señor se enojó. ¿Cómo está? Está... // Posibles respuestas: enoj ADO / ardi DO / confund IDO , etcétera. | | | |
| 11 | Alguien prendió el foco. ¿Cómo está el foco? Está... prend IDO / encend IDO / apag ADO , etcétera. | 1 | 0 |
| 12 | Este chico se asustó. ¿Cómo está? Está... asust ADO / sorprend IDO / enoj ADO , etcétera. | 1 | 0 |
| 13 | Esta señora se tapó. ¿Cómo está? Está... tap ADA / asust ADA / enoj ADA , etcétera. | 1 | 0 |
| SUMA TOTAL DE ACIERTOS | | /13 | |

REPETICIÓN DE ORACIONES

| Instrucciones: | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|----|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Palomear el cuadro si el niño dice exactamente todas las palabras de la oración. 2. Escribir dentro de cada cuadro si el niño cambia alguna palabra por otra o si la cambia de lugar. 3. Tachar dentro de cada cuadro si el niño omite alguna palabra. | | | | | | |
| Instrucción: Te voy a decir unas oraciones y quiero que me las digas igual que yo | | | | Total aciertos: /43 | Total aciertos por casilla | |
| Práctica: | El oso | duerme mucho | | | | |
| Práctica: | Los niños | se cayeron ayer | | | | |
| 1. | Los niños pequeños | no le hacen caso | | a su mamá | /3 | |
| 2. | El mono feo | le quitó | la comida | al niño | /4 | |
| 3. | Esas | son | las canciones | que se aprendió | la nena | /5 |
| 4. | Bety | quiere ponerle | salsa | a su comida | /4 | |
| 5. | Ese gato | que com- praron | ha crecido mucho | | /3 | |
| 6. | El perro | que viste en la calle | es mío | | /3 | |
| 7. | María | se lava | la cara | | /3 | |
| 8. | Nuestro abuelo | toca | la guitarra | | /3 | |
| 9. | José | se cortó | el dedo | | /3 | |
| 10. | Unos niños | mojaron | la ropa | con la manguera | /4 | |
| 11. | Mi hermana | tiró | la leche | en el piso | /4 | |
| 12. | La niña | sacó | la muñeca | de la caja | /4 | |

**Apéndice I. Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007).
Fragmento de Habilidades perceptuales, subpruebas de percepción auditiva.**

3.3. Percepción auditiva

3.3.1. Notas musicales

| | Respuesta | Puntaje |
|----------|-----------|---------|
| 1. do re | | 1 0 |
| 2. re re | | 1 0 |
| 3. do do | | 1 0 |
| 4. re do | | 1 0 |
| 5. do do | | 1 0 |
| 6. re re | | 1 0 |
| 7. re do | | 1 0 |
| 8. do re | | 1 0 |
| | Total (8) | |

3.3.2. Sonidos ambientales

| | Respuesta | Puntaje |
|-------------------|-----------|---------|
| 1. Gallo | | 1 0 |
| 2. Llanto de bebé | | 1 0 |
| 3. Serrucho | | 1 0 |
| 4. Rana | | 1 0 |
| 5. Motor | | 1 0 |
| 6. Estomudo | | 1 0 |
| 7. Tren | | 1 0 |
| 8. Violin | | 1 0 |
| | Total (8) | |

3.3.3. Fonémica

| Pares | Puntaje | Pares | Puntaje |
|------------------|---------|-------------------|------------|
| 1. Dado - Dedo | 1 0 | 11. Dado - Dado | 1 0 |
| 2. Ajos - Ojos | 1 0 | 12. Ojos - Ojos | 1 0 |
| 3. Lima - Lema | 1 0 | 13. Lima - Lima | 1 0 |
| 4. Boca - Moka | 1 0 | 14. Moka - Moka | 1 0 |
| 5. Ocho - Ocho | 1 0 | 15. Ocho - Hoyo | 1 0 |
| 6. Tía - Tía | 1 0 | 16. Día - Tía | 1 0 |
| 7. Qulso - Gulso | 1 0 | 17. Qulso - Qulso | 1 0 |
| 8. Cama - Cana | 1 0 | 18. Cana - Cana | 1 0 |
| 9. Callo - Callo | 1 0 | 19. Caño - Callo | 1 0 |
| 10. Paso - Vaso | 1 0 | 20. Paso - Paso | 1 0 |
| | | | Total (20) |

Apéndice J. Encuesta de satisfacción de pacientes que participan en protocolos de investigación en el Instituto Nacional de Rehabilitación “LGII”.

| | | |
|--|---|---|
| | DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE PACIENTES QUE PARTICIPAN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN | Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra |
|--|---|---|

Fecha: _____

DATOS DEL PROTOCOLO (para ser llenado y leído por el encuestador)

TÍTULO DEL PROTOCOLO: _____

NÚMERO DE REGISTRO DEL PROTOCOLO: ____ / ____

1. ¿Sabe usted que está participando en un protocolo de investigación?

SI () NO ()

2. ¿Le invitaron a participar de manera amable, voluntaria y sin presión al protocolo de investigación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

3. ¿Firmó usted una carta de consentimiento informado?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

4. ¿El médico responsable del protocolo le explicó claramente en qué consiste su participación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

5. ¿Sabe en qué consiste su participación dentro del protocolo de investigación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

F01-PR-DI-08 Rev.03 MAY 18



6. ¿Conoce al médico responsable de la investigación y cómo localizarlo en caso de emergencia?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

7. ¿Comprendió las palabras utilizadas por el médico cuando le explicó sobre su participación en el protocolo de investigación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

8. ¿Se siente con la confianza de preguntar sus dudas, preocupaciones o temores?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

9. ¿Percibe algún beneficio por participar en este protocolo de investigación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

9. ¿Volvería a participar en otro protocolo de investigación en este Instituto?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

10. ¿Tiene usted alguna queja o sugerencia con respecto a su participación en este protocolo de investigación?

SI () NO ()

Comentarios (opcional):

Apéndice K. Comparación de índices ERD/ERS por tiempo.

Tabla 12

Diferencias en índice ERD/ERS por tiempo, entre estímulo lingüístico y no-lingüístico, en el grupo DNT.

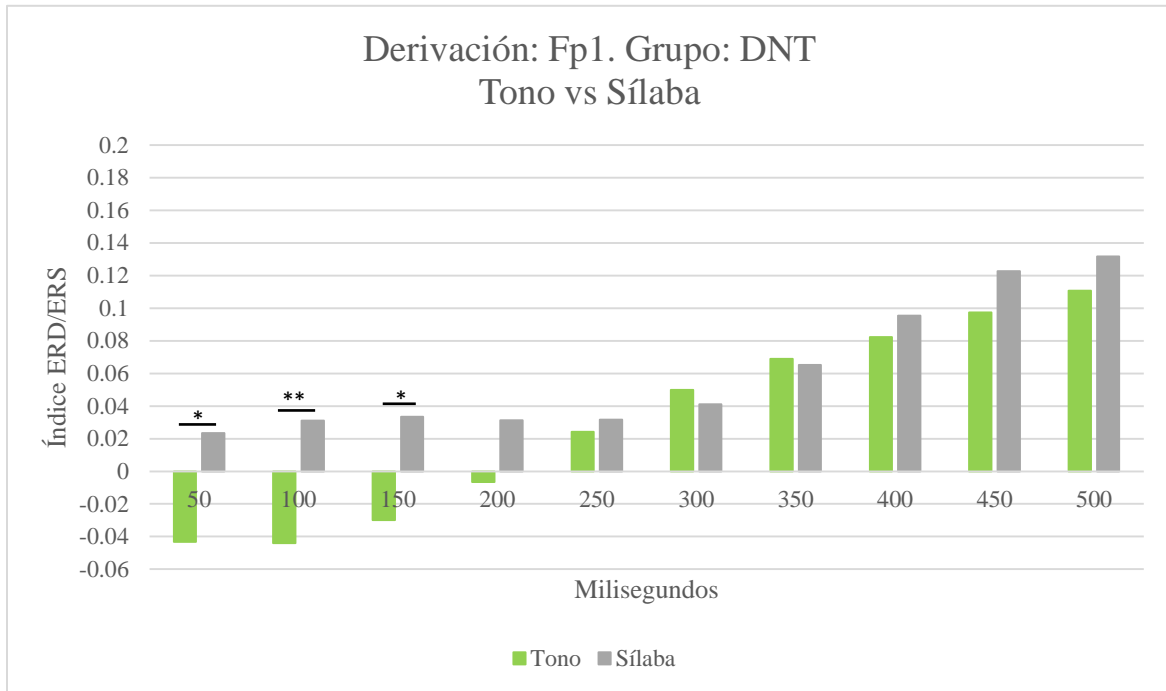
| Tiempo (ms) | Estímulo | | <i>t</i> | Sig. | <i>d</i> de Cohen |
|-------------|--------------------|----------------------|----------|-------------|-------------------|
| | Tono Media (DE) | Sílaba Media (DE) | | | |
| Fp1 | | | | | |
| 50 | -.043 (.071) | .023 (.072) | -2.542 | .017 | -0.953 |
| 100 | -.043 (.065) | .031 (.073) | -2.955 | .006 | -1.105 |
| 150 | -.029 (.065) | .033 (.079) | -2.379 | .024 | -0.885 |
| F4 | | | | | |
| 50 | -.022 (.060) | .042 (.081) | -2.567 | .015 | -0.927 |
| 100 | -.016 (.075) | .050 (.094) | -2.224 | .034 | -0.801 |
| T6 | | | | | |
| 150 | .105 (.093) | -.0009 (.108) | 2.963 | .006 | 1.085 |
| 200 | .152 (.106) | .013 (.123) | 3.407 | .002 | 1.250 |
| 250 | .183 (.123) | .041 (.141) | 3.019 | .005 | 1.108 |
| 300 | .176 (.121) | .065 (.155) | 2.266 | .031 | 0.824 |

Nota: Sólo se muestran derivaciones e intervalos de tiempo significativos. ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; DNT: desarrollo normotípico; ms: milisegundos; DE: desviación estándar.

Figura 22

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación Fp1 entre tipos de estimulación

(lingüística vs no-lingüística) en el grupo DNT

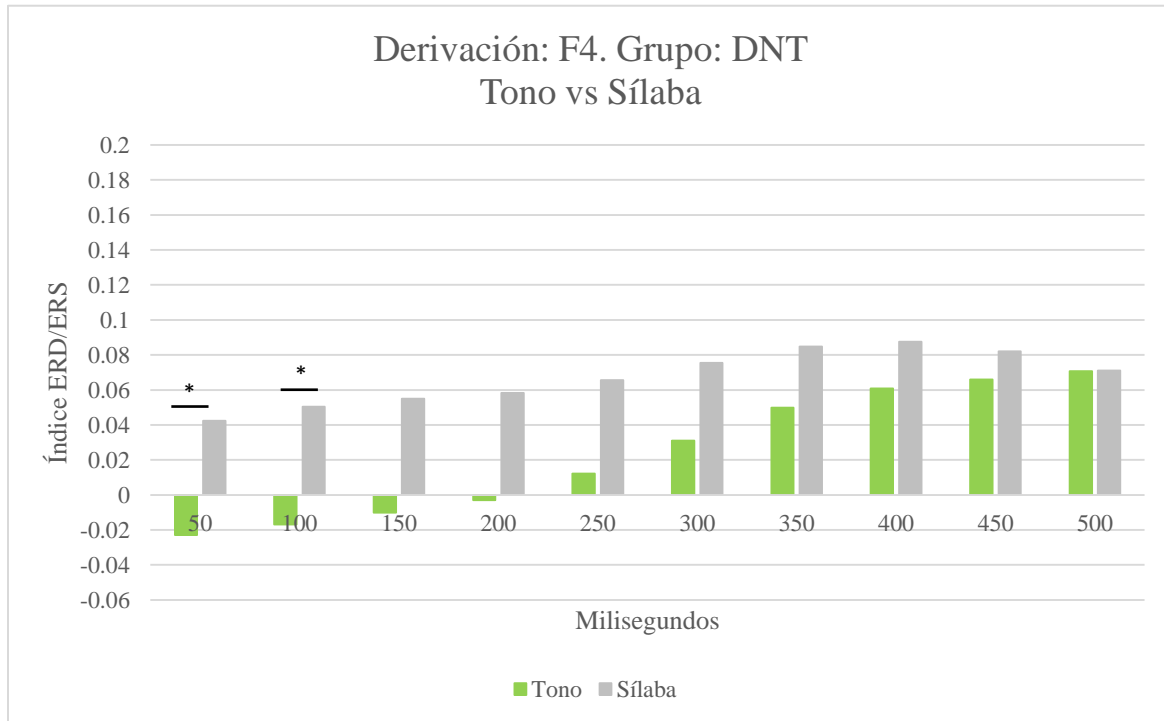


*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Figura 23

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación F4 entre tipos de estimulación

(lingüística vs no-lingüística) en el grupo DNT

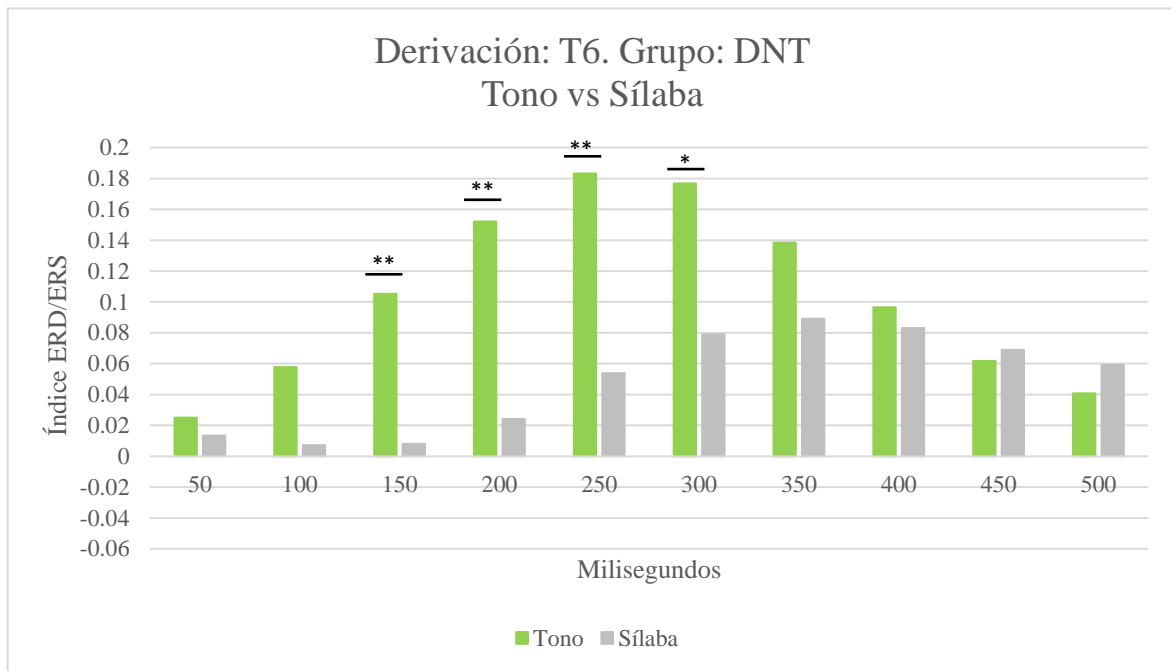


Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Figura 24

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación T6 entre tipos de estimulación

(lingüística vs no-lingüística) en el grupo DNT



Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Tabla 13

Diferencias en índice ERD/ERS por tiempo, entre estímulo lingüístico y no-lingüístico, en el grupo TDL.

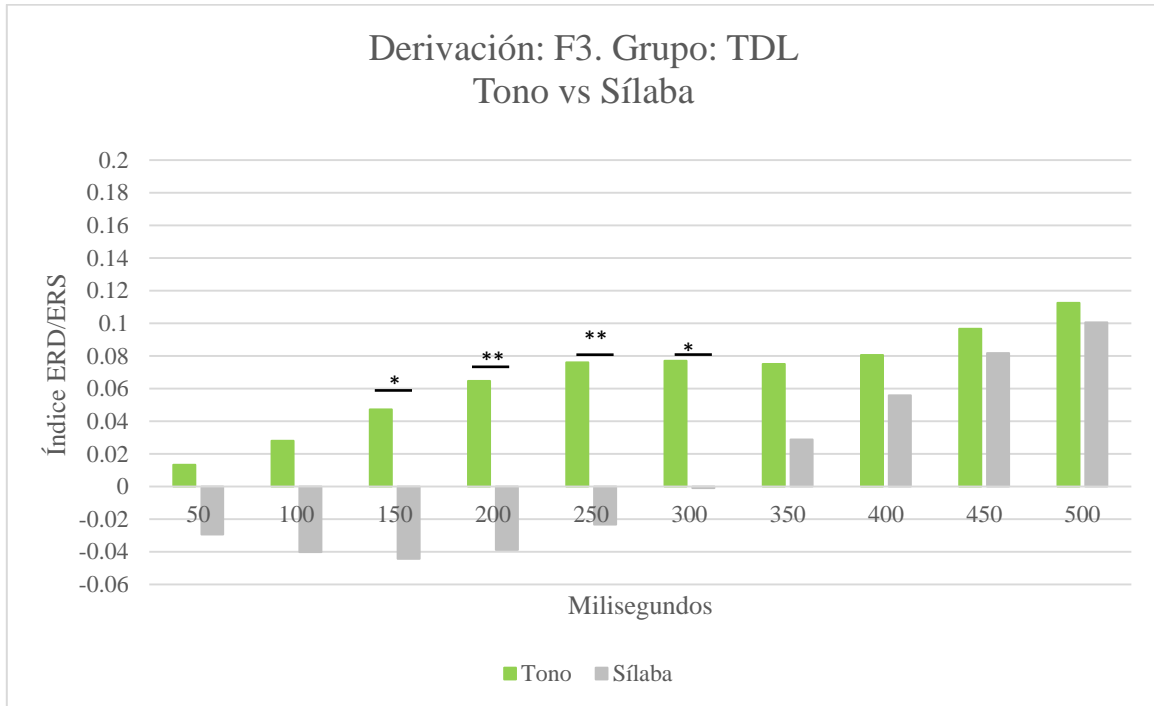
| Tiempo (ms) | Estímulo | | <i>t</i> | Sig. | <i>d</i> de Cohen |
|-------------|--------------------|----------------------|----------|-------------|-------------------|
| | Tono Media (DE) | Sílaba Media (DE) | | | |
| F3 | | | | | |
| 150 | .047 (.116) | -.044 (.071) | 2.675 | .012 | 0.977 |
| 200 | .064 (.116) | -.038 (.063) | 3.126 | .004 | 1.128 |
| 250 | .076 (.113) | -.023 (.070) | 2.971 | .006 | 1.087 |
| 300 | .077 (.116) | -.0008 (.083) | 2.175 | .038 | 0.796 |
| Fz | | | | | |
| 150 | .068 (.095) | -.006 (.094) | 2.165 | .039 | 0.808 |
| 200 | .096 (.105) | .004 (.085) | 2.623 | .014 | 0.994 |
| 250 | .125 (.111) | .023 (.083) | 2.858 | .008 | 1.074 |
| 300 | .145 (.109) | .048 (.086) | 2.700 | .012 | 1.020 |
| T6 | | | | | |
| 100 | .046 (.093) | -.039 (.065) | 3.011 | .005 | 1.094 |
| 150 | .086 (.101) | -.033 (.079) | 3.730 | .001 | 1.355 |
| 200 | .125 (.118) | -.012 (.108) | 3.448 | .002 | 1.250 |
| 250 | .151 (.147) | .021 (.137) | 2.586 | .015 | 0.944 |

Nota: sólo se muestran derivaciones e intervalos de tiempo significativos. ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; TDL: trastorno de desarrollo del lenguaje; ms: milisegundos; DE: desviación estándar.

Figura 25

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación F3 entre tipos de estimulación

(lingüística vs no-lingüística) en el grupo TDL

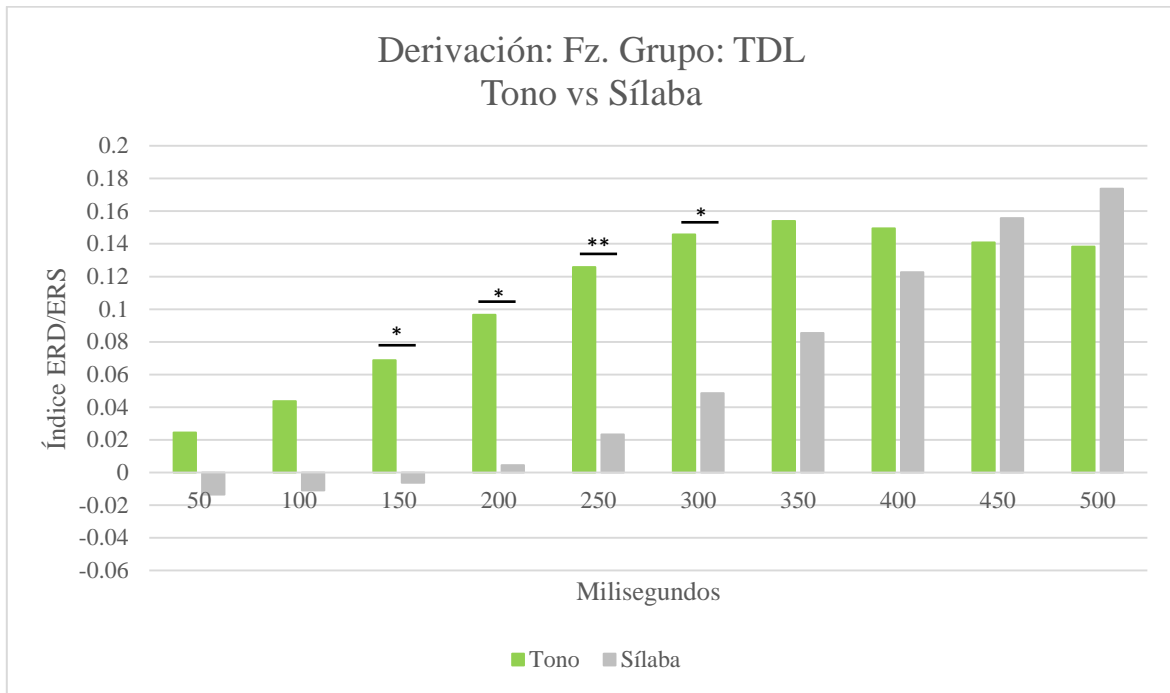


Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Figura 26

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación Fz entre tipos de estimulación

(lingüística vs no-lingüística) en el grupo TDL

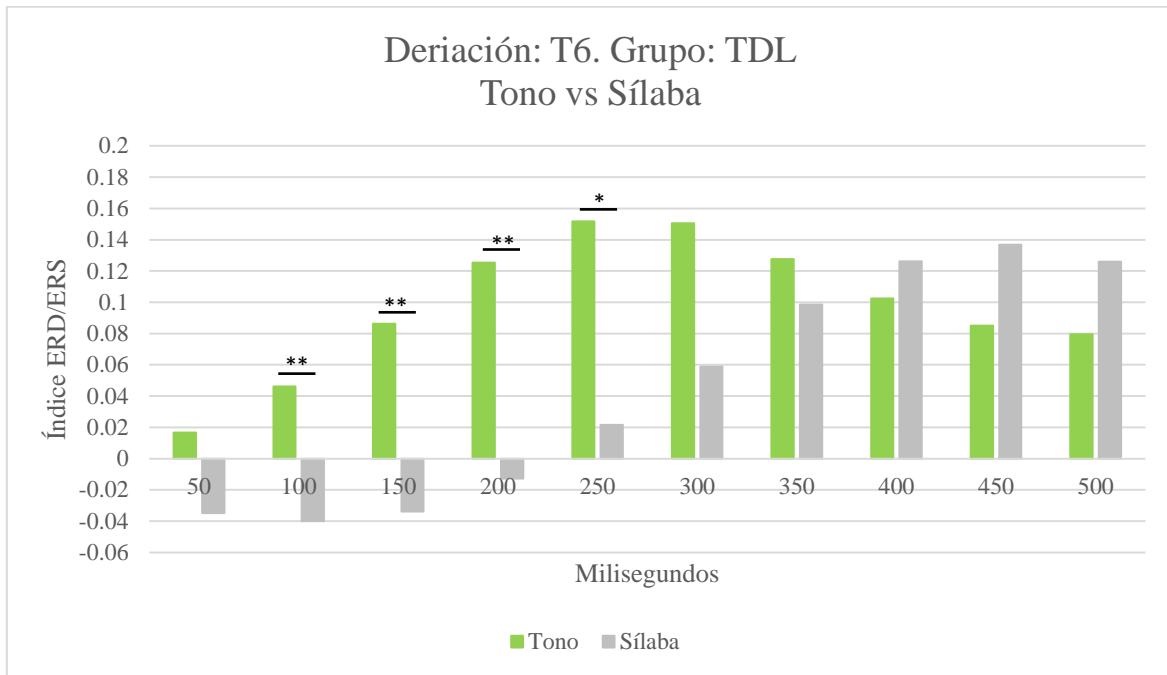


Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Figura 27

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación T6 entre tipos de estimulación

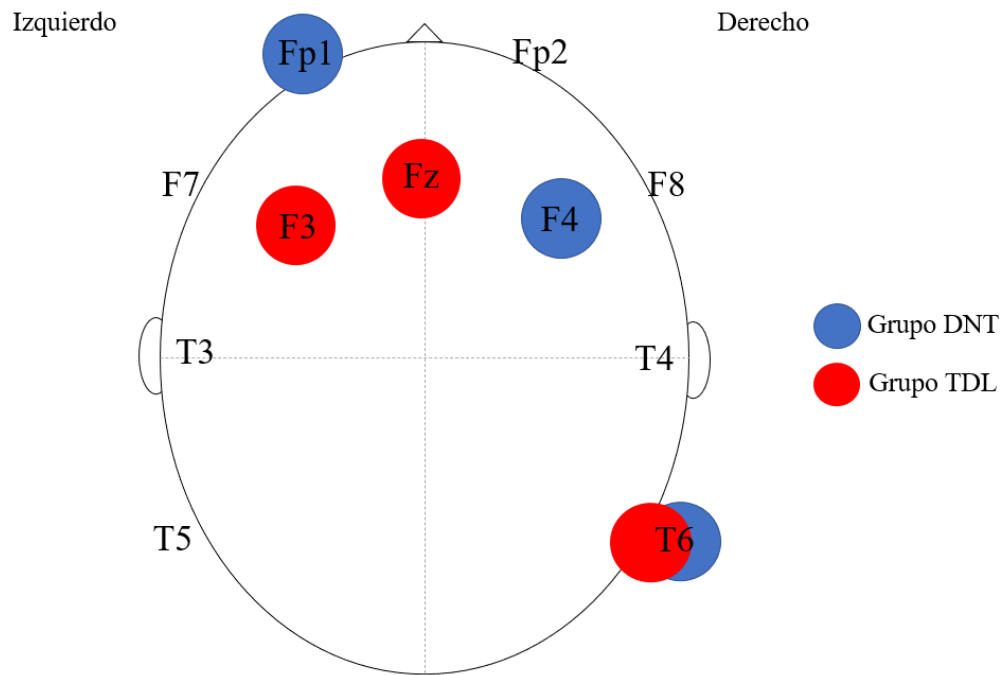
(lingüística vs no-lingüística) en el grupo TDL



Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Figura 28

Resumen de derivaciones con diferencias en el índice ERD/ERS entre tipos de estimulación (lingüística vs no-lingüística) en ambos grupos



Nota: ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; DNT: desarrollo normotípico; TDL: trastorno de desarrollo del lenguaje.

Tabla 14

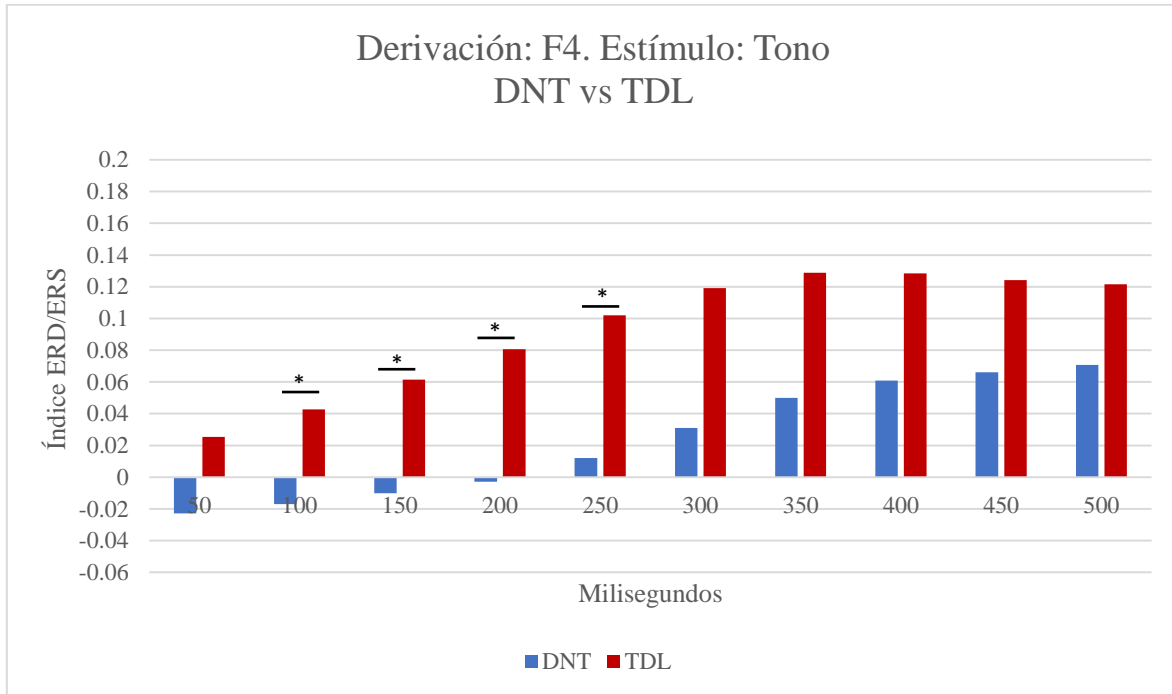
Diferencias en índice ERD/ERS por tiempo, entre grupos, para el estímulo no-lingüístico (tono).

| Tiempo (ms) | Estímulo | | <i>t</i> | Sig. | <i>d</i> de Cohen |
|-------------|-------------------|-------------------|----------|-------------|-------------------|
| | DNT Media (DE) | TDL Media (DE) | | | |
| F4 | | | | | |
| 100 | -.016 (.075) | .042 (.086) | -2.083 | .046 | -0.742 |
| 150 | -.010 (.097) | .061 (.098) | -2.072 | .047 | -0.752 |
| 200 | -.002 (.107) | .080 (.106) | -2.197 | .036 | -0.795 |
| 250 | .012 (.108) | .102 (.118) | -2.237 | .033 | -0.822 |
| T3 | | | | | |
| 500 | .019 (.089) | .090 (.102) | 30 | .048 | -0.766 |
| T5 | | | | | |
| 50 | -.029 (.094) | .036 (.079) | 30 | .042 | -0.773 |

Nota: Sólo se muestran derivaciones e intervalos de tiempo significativos. ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; DNT: desarrollo normotípico; TDL: trastorno de desarrollo del lenguaje; ms: milisegundos; DE: desviación estándar.

Figura 29

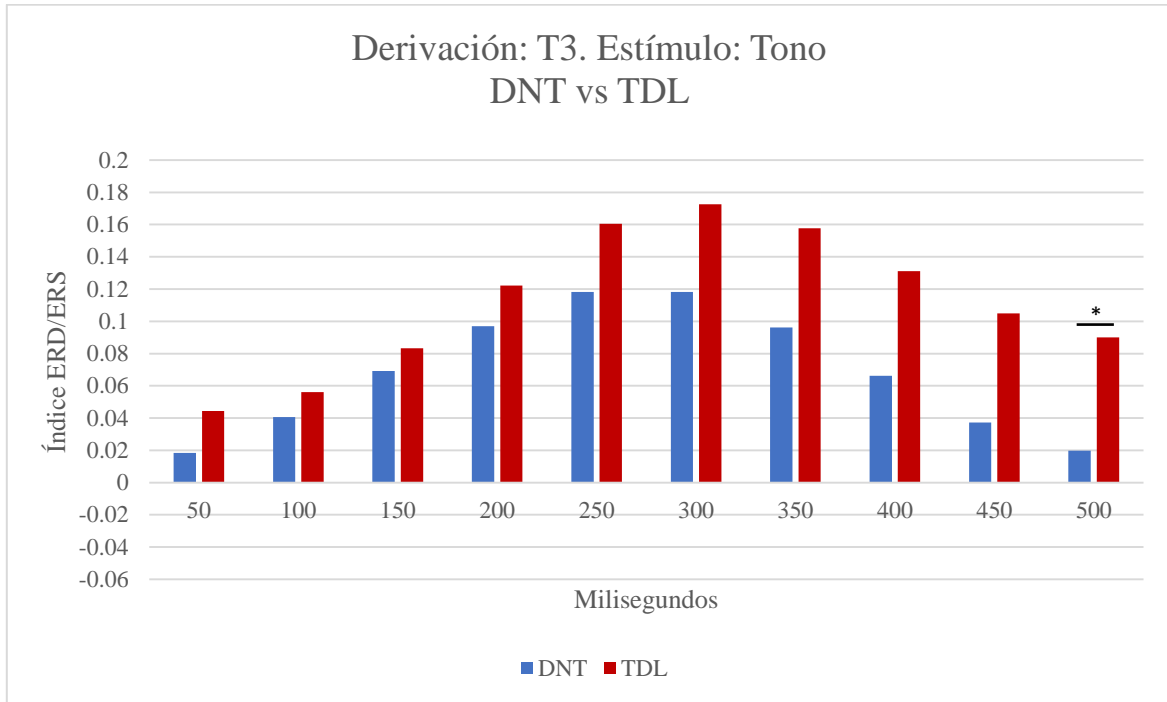
Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación F4 entre grupos (DNT vs TDL) para la estimulación auditiva no-lingüística (tono)



Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Figura 30

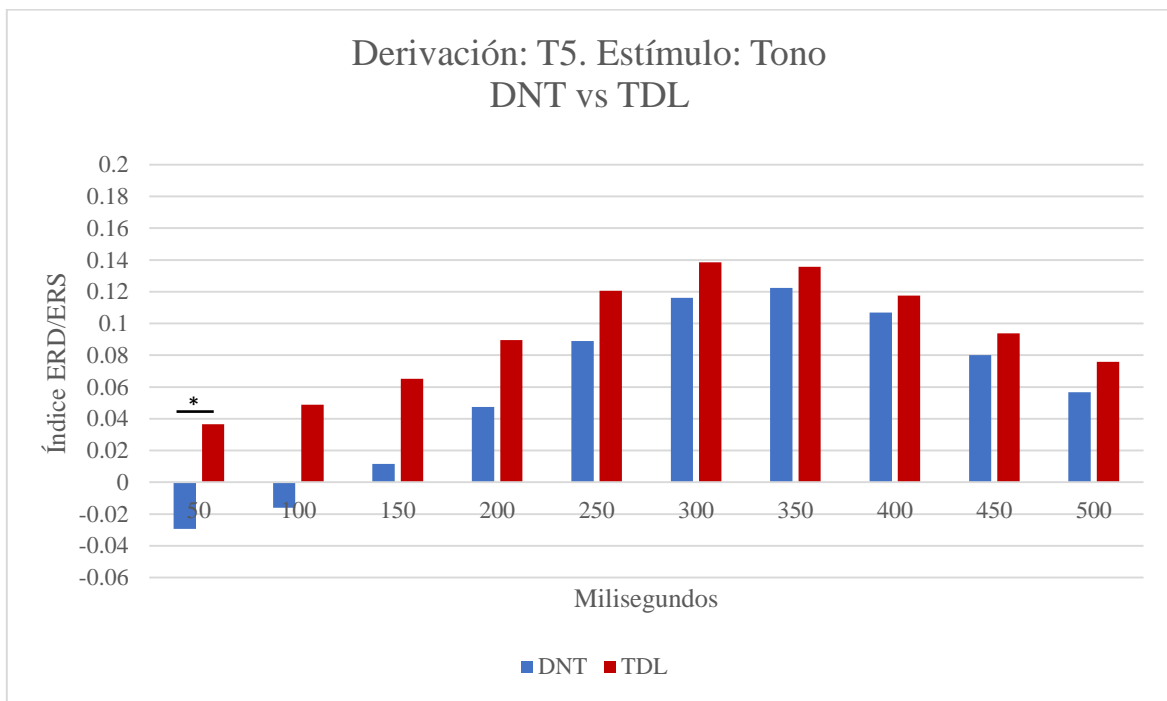
Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación T3 entre grupos (DNT vs TDL) para la estimulación auditiva no-lingüística (tono)



*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Figura 31

Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación T5 entre grupos (DNT vs TDL) para la estimulación auditiva no-lingüística (tono)



Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.

Tabla 15

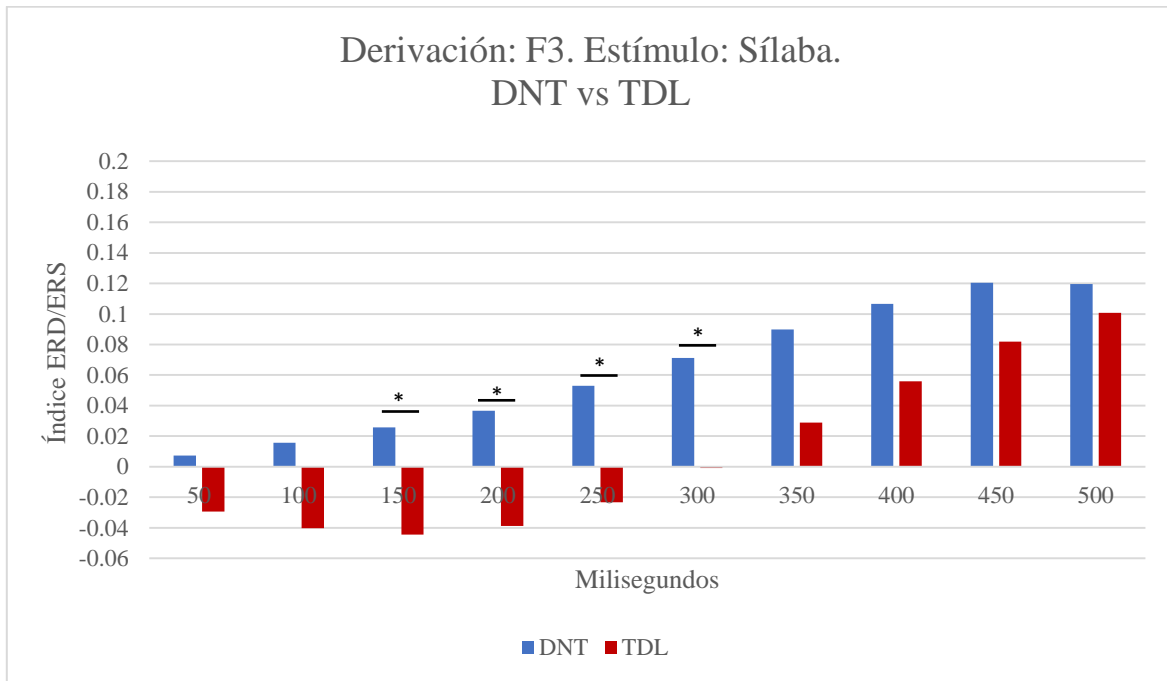
Diferencias en índice ERD/ERS por tiempo, entre grupos, para el estímulo lingüístico (sílabas).

| Tiempo (ms) | Estímulo | | <i>t</i> | Sig. | <i>d</i> de Cohen |
|-------------|-------------|---------------|----------|-------------|-------------------|
| | DNT | TDL | | | |
| | Media (DE) | Media (DE) | | | |
| F3 | | | | | |
| 150 | .025 (.105) | -.044 (.071) | 2.203 | .035 | 0.795 |
| 200 | .036 (.108) | -.038 (.063) | 2.409 | .022 | 0.864 |
| 250 | .053 (.110) | -.023 (.070) | 2.335 | .026 | 0.851 |
| 300 | .071 (.110) | -.0008 (.083) | 2.086 | .046 | 0.761 |

Nota: sólo se muestran derivaciones e intervalos de tiempo significativos. ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; DNT: desarrollo normotípico; TDL: trastorno de desarrollo del lenguaje; ms: milisegundos; DE: desviación estándar.

Figura 32

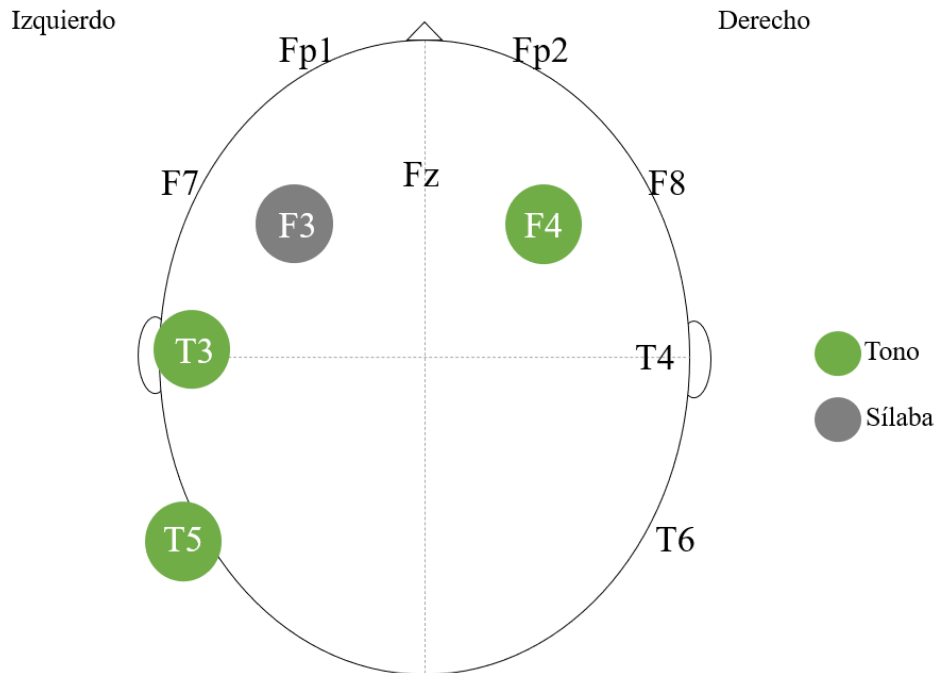
Diferencias en el índice ERD/ERS en la derivación F3 entre grupos (DNT vs TDL) para la estimulación auditiva lingüística (sílabas)



*Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$.*

Figura 33

Resumen de derivaciones con diferencias en el índice ERD/ERS entre grupos (DNT vs TDL) para ambos tipos de estimulación



Nota: ERD/ERS: índice de desincronización/sincronización; DNT: desarrollo normotípico; TDL: trastorno de desarrollo del lenguaje.