

Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista

Las Ondas Cerebrales en los Procesos de Lenguaje

Oscillopathology in Autist Spectrum Disorder: Brain oscillations in Language Processes



Daniela Alexandra Morales Rojas



ART Volumen 20 #1 enero - junio

Revista
ARETÉ

ISSN-I: 1657-2513 | e-ISSN: 2463-2252 Fonoaudiología

ID: 1657-2513.art.20102

Title: Oscillopathology in Autist Spectrum Disorder

Subtitle: Brain oscillations in language processes

Título: Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista

Subtítulo: Las ondas cerebrales en los procesos de lenguaje

Alt Title / Título alternativo:

[en]: Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista: El Papel de las Ondas Cerebrales en los Procesos de Lenguaje

[es]: Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista: El Papel de las Ondas Cerebrales en los Procesos de Lenguaje

Author (s) / Autor (es):

Morales Rojas

Keywords / Palabras Clave:

[en]: Autism Spectrum Disorders, Brainwaves, Language Disorders, Speech Language Pathology, Language Therapy, Language, Child Language

[es]: Terapia del Lenguaje, Trastorno del Espectro Autista, Ondas Encefálicas, Ondas Cerebrales, Trastornos del Lenguaje, Patología del Habla y Lenguaje, Lenguaje, Lenguaje Infantil

Submitted: 2020-04-18

Accepted: 2020-04-20

Resumen

El lenguaje como vehículo del desarrollo humano incide de importante manera en los procesos sociales, que figuran de forma determinante en el establecimiento de condiciones de vida y bienestar óptimas. Estudios modernos han encontrado que las habilidades que hacen del lenguaje una actividad de compleja integración multisensorial están determinadas por los ritmos de oscilación de las diferentes ondas cerebrales descritas desde las neurociencias.

En la literatura se ha descrito un patrón anormal de oscilaciones, responsable de las deficiencias comunicativas en individuos con Trastornos del Espectro Autista y que junto con sus déficits sociales dan como resultado un perfil típicamente característico. Las ondas cerebrales demuestran tener incidencia en la manera en que se regulan los estados mentales que posibilitan tareas de alta demanda cognitiva como el aprendizaje, la comunicación y la comprensión del discurso, dificultades generalizadas en esta población.

Los hallazgos aquí presentados, producto de una juiciosa revisión bibliográfica, se caracterizan dentro de la fonoaudiología haciendo posible aterrizar los procesos de intervención a las necesidades lingüísticas y cognitivas específicas de estos individuos, valiéndose de mecanismos biológicos y dando como posible resultado, procedimientos de mayor relevancia y eficacia, que mejoren la calidad de vida de los usuarios y motiven, además, a los profesionales en fonoaudiología y área afines, a ampliar su conocimiento en este interesante campo.

Abstract

Language as a vehicle for human development has an important impact on social processes which are decisive in the establishment of optimal living conditions. Modern studies have found that skills that make of language an activity of complex multisensory integration are determined by the oscillation rhythms of the different brain waves described from neurosciences. In the literature has described an abnormal pattern of oscillations, responsible for communicative deficiencies in individuals with Autist Spectrum Disorders and beside with social deficits, resulting in a typically characteristic profile. Brain waves show an impact on the mental states that be high cognitive demand as learning, communication and speech understanding, widespread difficulties in this population. The recent findings presented here and product of a judicious bibliographic review, are characterized within speech therapy making it possible to land the intervention processes to the linguistic and cognitive needs of these individuals, using biological mechanisms and resulting in possible procedures of greater relevance and effectiveness, that improve user's life quality and motivate speech therapy and similar professionals to expand their knowledge in this interesting field.

Citar como:

Morales Rojas, D. A. (2020). Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista : Las ondas cerebrales en los procesos de lenguaje. *Areté*, 9-17. Obtenido de: <https://arete.iberu.edu.co/article/view/1834>

Daniela Alexandra **Morales Rojas**

Source | Filiación:

Universidad Nacional de Colombia

BIO:

Fonoaudióloga

City | Ciudad:

Bogotá DC [co]

Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista

Las Ondas Cerebrales en los Procesos de Lenguaje

Oscillopathology in Autist Spectrum Disorder: Brain oscillations in Language Processes

Daniela Alexandra **Morales Rojas**

Introducción

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA) se describen desde la CIE-11, dentro de los trastornos del neurodesarrollo y se caracterizan por déficits persistentes en las habilidades de socialización y comunicación, además de unos patrones comportamentales limitados, inflexibles y repetitivos (*World Health Organization, 2018*). Estos trastornos tienen su inicio en el desarrollo prenatal temprano y postulan como principal entidad etiológica a las variaciones genéticas (*Quijada, 2008*) cuya alteración tendría influencia en el ritmo de las ondas cerebrales (*Benitez-Burraco & Murphy, 2016*). Estas a su vez se describen como componentes primitivos del funcionamiento cerebral y se relacionan por medio de las redes de conexión cerebral con el funcionamiento del lenguaje dado a través de la interacción de estímulos multisensoriales en diferentes áreas especializadas del encéfalo (*Benitez-Burraco & Murphy, 2016*) (*Murphy, 2015*).

La complejidad del lenguaje, si bien puede explicarse desde la neurociencia siguiendo un modelo localizacionista, que describe un grupo de zonas con funciones específicas, por razones prácticas y de mayor relevancia didáctica debe ser explicada, más bien, desde la neurofisiología del lenguaje. Siguiendo con este enfoque, (*Cannon, y otros, 2014, pág. 1*) anotan que **the physiology underlying brain rhythms plays an essential role in how these rhythms facilitate some cognitive operations**. En las que se incluyen, por ejemplo, la decodificación del discurso. (*Murphy, 2015*) (*Cannon, y otros, 2014*).

Particularmente y en medio de un ejercicio de correlación neurofisiológica y estructural, se ha descrito en la literatura la llamada oscilopatía, que hace referencia a los ritmos atípicos de las ondas cerebrales motivados por cambios estructurales en los cerebros de personas con TEA. Aquí se incluyen variaciones en el volumen y concentración de la materia gris en zonas de la corteza frontal, el tálamo, estructuras de los ganglios basales, las áreas auditivas y visuales primarias, además de sus correspondientes áreas de asociación y variaciones en las conexiones inter e intra hemisféricas (Benitez-Burraco & Murphy, 2016). Esta actividad atípica sería la responsable de los procesos ineficientes de interpretación del lenguaje en TEA, los cuales se agrupan principalmente dentro del componente pragmático pero que, sin embargo, incluirían deficiencias en estadios previos a la interpretación, que requieren de los demás componentes del lenguaje. Esta interrelación se hace visible si observamos el proceso de comprensión lingüística a través de modelos de procesamiento. Para los fines de este artículo, se parte del modelo lingüístico propuesto por (Belinchón, Riviere, & Igoa, 1992).

Sumado a las fallas comunicativas, los individuos diagnosticados con TEA presentan problemas en otro tipo de actividades de alta demanda cognitiva, incluido el proceso de atención y, por consiguiente, el proceso de aprendizaje (Quijada, 2008).

(Jacob, Hähnke, & Nieder, 2018) han descrito los patrones de ondas que actúan sobre la memoria de trabajo y determinan, en gran medida, el mantenimiento del estado de atención, facilitando así, el proceso de aprendizaje. Para el fonoaudiólogo, cuya labor con población enmarcada en el espectro autista, se orienta hacia la potencialización de procesos de aprendizaje y comunicación, el conocimiento de estos patrones y el acercamiento al funcionamiento de las oscilaciones cerebrales abre la puerta a un mundo de posibles aplicaciones dentro del campo terapéutico, haciendo viable estimular de manera acertada y precisa, áreas específicas del cerebro.

Históricamente la fonoaudiología ha tomado partido en la habilitación, rehabilitación y fortalecimiento de las habilidades lingüísticas y cognitivas de estas poblaciones. Lo ha hecho valiéndose de los avances y hallazgos útiles y aplicables a las actividades de intervención terapéutica que se llevan a cabo desde esta área del conocimiento. Siendo así, el estudio y caracterización de los patrones de ondas que actúan sobre las diferentes zonas del cerebro e intervienen en las actividades cotidianas tales como el lenguaje, resultan de gran relevancia para la implementación de nuevas y más eficientes estrategias que colaboren con este fin, motivando procesos de valoración e intervención que lleven a mejores resultados y mejoren las condiciones de bienestar de los usuarios.

El presente artículo se propone servir como una fuente de información sobre el papel de las ondas cerebrales en los procesos de lenguaje normal y patológico, buscando aportar al conocimiento que el fonoaudiólogo tiene sobre las oscilaciones cerebrales. Para ello, se realiza una revisión bibliográfica de diversos artículos recuperados a través de diversas bases de datos, que abarca los aspectos de mayor relevancia sobre este tema.

Desde el modelo computacional del cerebro de (Boeckx & Theofanopoulou, 2015) citado en (Murphy, 2015), se acuñan los términos de cognoma y dynoma, que se refiere a las conexiones que tiene el cerebro (cognoma) y a la actividad de estas conexiones (dynoma). Este último incluye las dinámicas y los ritmos de oscilación de las ondas cerebrales, explora cómo están conectadas las diferentes zonas del encéfalo y las acciones que esto desencadena.

La exploración de la fisiología cerebral y por consiguiente de la neurofisiología del lenguaje, se ha ido construyendo mediante la aplicación de una variedad de pruebas tanto invasivas como no invasivas, que van desde electroencefalografías a magnetoencefalografías y que se han aplicado tanto in vivo como in vitro (Cannon, y otros, 2014).

Las Ondas Cerebrales

Los estudios realizados en mamíferos han demostrado que sobre las redes neuronales actúan distintas bandas de frecuencia que van desde los 0.05Hz hasta los 500Hz, estas bandas de frecuencia se miden en microvoltios y pueden graficarse mediante un logaritmo natural como una línea ascendente (Buzsáki & Draguhn, 2004). Bandas de frecuencia que actúan en redes específicas de neuronas han sido asociadas a diferentes estados de consciencia y procesos cognitivos (Engel, Fries, & Singer, 2001) y dentro de su comportamiento se anota que varias de estas ondas pueden actuar juntas en las mismas redes y estructuras (Buzsáki & Draguhn, 2004) (Engel, Fries, & Singer, 2001). Se describen cinco diferentes tipos de onda que intervienen en el funcionamiento cerebral, ver Tabla 1.

Las ondas cerebrales son producto de la actividad eléctrica y química de las sinapsis nerviosas. Las perturbaciones que se presentan con frecuencias menores se transmiten por varias zonas encefálicas, aquella con frecuencias mayores cubren, en cambio, redes locales. Esto quiere decir que las frecuencias largas están reservadas a los circuitos locales que se limitan a una única zona o un pequeño conjunto de zonas, mientras que las frecuencias cortas, que representan oscilaciones lentas, podrían incluso extenderse a todo el cerebro (Buzsáki & Draguhn, 2004).

Tabla 1. Tipo de onda y su banda de frecuencia

Onda	Banda de frecuencia
Delta	0,2Hz - 3,5Hz
Theta	3,5Hz - 7,5Hz
Alfa	7,5Hz - 14Hz
Beta	14Hz - 30Hz
Gamma	30Hz - 40Hz

Las bandas de frecuencia de las diferentes ondas pueden tener una variación según el autor consultado de entre 0,5 y 1 Hz. Fuente: Adaptado de (Molina, 2010).

A cada onda se le han atribuido ciertas funciones y se ha descrito su participación en diferentes procesos. Las ondas theta se han implicado en el procesamiento sensorial, la memoria y el control del movimiento voluntario. Se tiene al hipocampo y áreas subcorticales (cerebro primitivo) como su origen, aunque algunos autores hablan de las ondas theta como un vínculo entre el hipocampo, el tálamo y la corteza frontotemporal. Diversos experimentos en ratas han mostrado que la onda puede variar entre tres presentaciones dependientes del comportamiento del animal (Basar & Bahar, 2008). Se presume que estas ondas incrementan ante tareas que involucran a la memoria de

La Neurofisiología del Lenguaje

Es un hecho bastante conocido que nuestro cerebro produce ondas que todo tienen que ver con la cognición, tal parece que el lenguaje no escapa a esto.

trabajo. Los estudios muestran que la mayor acción de estas oscilaciones se ubica en la porción frontal del encéfalo y la línea media (Basar & Bahar, 2008).

Sobre las ondas gamma se sabe que oscilan de dos maneras, esto se descubrió mediante modelos in vitro llevados a cabo por (Traub, Whittington, Colling, Buzsáki, & Jefferys, 1996). Uno de estos mecanismos se presenta de manera transitoria por aferencias (entrada de energía a la célula) discretas, el segundo es producto de activación persistente de tipo metabólico en las neuronas (Traub, Whittington, Colling, Buzsáki, & Jefferys, 1996) (Buzsáki & Draguhn, 2004). Esto sugiere que las ondas gamma sirven de mediadores entre las neuronas en los procesos de sinapsis.

A las ondas alfa, se les define como las principales promotoras de los procesos mentales del subconsciente como la imaginación, la asimilación, las autosugestiones y el comportamiento (Traub, Whittington, Colling, Buzsáki, & Jefferys, 1996) (Molina, 2016).

Los ritmos delta son los de menor banda de frecuencia, por ello se asocian al sueño, las representaciones oníricas y la reestructuración física y mental mediadas por el descanso (Molina, 2016).

Finalmente, las ondas beta se encargan de procesos cognitivos considerados complejo, como el pensamiento lógico, recuerdos auto-

máticos o conversaciones y están relacionados con estados de estrés y agitación (Molina, 2016).

Sin embargo y aunque se suelen caracterizar por separado, se teoriza y se han realizado estudios al respecto de una coacción de frecuencias mediando en los procesos mentales y las tareas cognitivas (Traub, Whittington, Colling, Buzsáki, & Jefferys, 1996) En esta teoría (Palva & Palva, 2018) hablan de las bandas de frecuencia cruzadas o cross-frequency, que son cruces de ondas de mayor y menor frecuencia, y que serían los directores de orquesta en los procesos mentales. (Traub, Whittington, Colling, Buzsáki, & Jefferys, 1996) (Palva & Palva, 2018). Si bien esta es una teoría extensa e interesante, no nos conviene centrarnos en ella. En apartados posteriores del documento retomaremos las frecuencias cruzadas orientadas a los procesos de lenguaje.

Un Modelo Computacional del Lenguaje a través de Ondas.

El lenguaje puede describirse empleando el Dynamic Cognomics (sin traducción al español), un modelo que representa las oscilaciones cerebrales Figura 1.

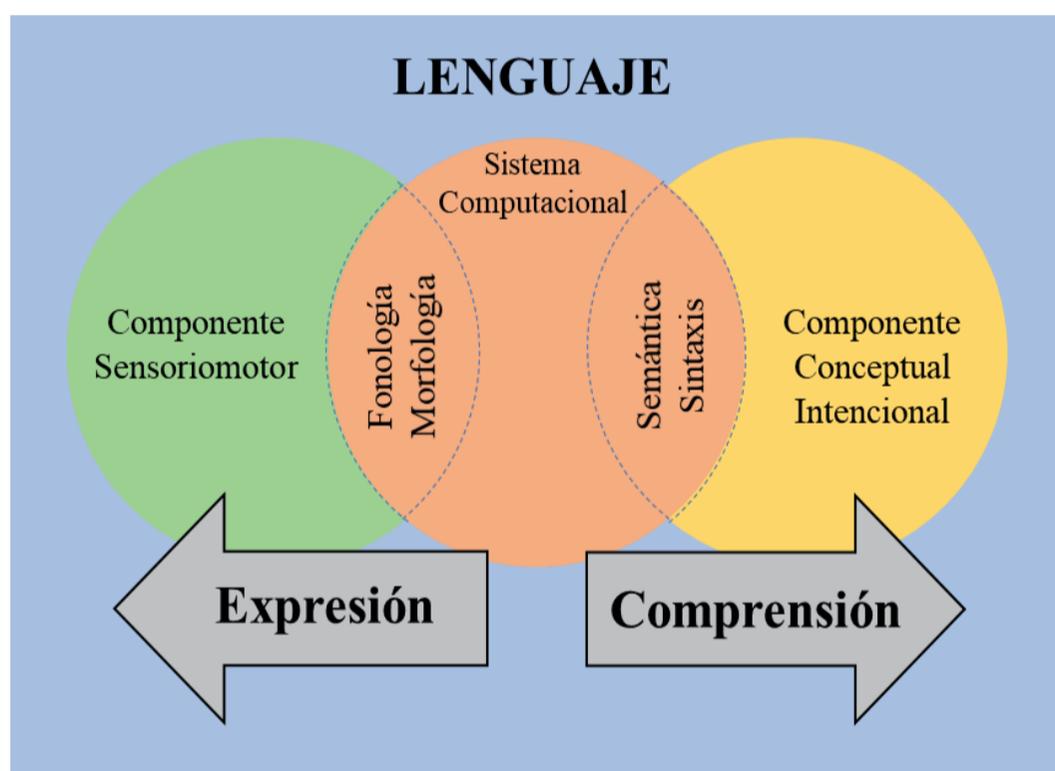


Figura 1. Modelo Computacional del Lenguaje

El sistema toma en consideración una serie de procesos realizados desde los diferentes niveles del lenguaje (Fonológico, Morfológico, Sintáctico y Semántico) Se nomina como *cognome* a las actividades realizadas durante este proceso y se nomina como *dynome* a los fenómenos oscilatorios que permiten llevar a cabo dichas actividades. Fuente: Adaptada de (Benitez y Murphy, 2016).

Este modelo organiza las ondas en parejas que emplean frecuencias cruzadas, este intercambio de frecuencias, interpretado como un potencial de acción, inicia la actividad cognitiva de comprensión lingüística (Benitez-Burraco & Murphy, 2016). El Dynamic Cognomics, emplea la estructura minimalista del lenguaje planteada por Chomsky y que lo toma como un sistema computacional en el que intervienen dos componentes: el componente de conceptualización, encargado de la interpretación y el componente sensoriomotor, encargado de la expresión.

Dentro de la interpretación minimalista del lenguaje, se distingue una acción y un resultado *Cognome* y *Dynome* que motiva una tarea lingüística. Según (Murphy, 2015), (Theofanopoulou, 2018); (Benitez-Burraco & Murphy, 2016), la frecuencia cruzada entre las ondas alfa y gamma media la activación de los sistemas visuoespaciales, que son

importantes para procesos lingüísticos escritos. También se describe el cruce de frecuencias gamma dentro de una banda de frecuencia theta y se le caracteriza como responsable de la actividad de deletreo (Benitez-Burraco & Murphy, 2016). Si se evalúa esta interacción con la información que poseemos sobre ondas, puede llegarse a la inferencia de que la intrusión de ondas gamma en el lóbulo temporal (donde se ubica el hipocampo, catalogado como hogar de las ondas theta) da lugar a uno de los primeros niveles de análisis del discurso (Benitez-Burraco & Murphy, 2016) (Narita, 2014).

De igual manera, estudios de Electroencefalografía, han indicado que cuando las ondas theta entran en la porción posterior del lóbulo frontal, activan procesos de comprensión lingüística que requieren de la memoria (Bertone, Mottron, Jelenic, & Faubert, 2003). Los procesos léxicos (del diccionario mental) estarían mediados por las ondas

Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista

Las ondas cerebrales en los procesos de lenguaje

gamma. Y finalmente, la etiquetación o categorización de las palabras, que se presenta en el nivel de análisis semántico del discurso, ocurriría gracias a la transformación de ondas gamma a ondas beta que luego cruzarían frecuencias con las ondas alfa (Benitez-Burraco & Murphy, 2016).

Este modelo de análisis sugiere que las ondas mutan y pasan de una banda de frecuencia a otra, esto no es descabellado si pensamos en la definición física de onda: una perturbación que transporta energía a través de un medio físico. Es un hecho conocido que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. En la Tabla 2 se sintetiza lo anteriormente mencionado.

Tabla 2. Papel de las ondas cerebrales en los procesos normales de lenguaje.

Onda	Papel lingüístico
Delta	Procesamiento de las frases Posible diferenciación de las palabras en categorías gramaticales.
Theta	Involucrado en procesos de análisis que involucran memoria
Alfa	Interconecta partes del encéfalo y participa en el acceso léxico.
Beta	Participan en la clasificación sintáctica de las palabras y la retención de las palabras para construir estructuras sintácticas.
Gamma	Realiza construcciones sintácticas. Se involucra en multitud de procesos lingüísticos.

Fuente: (Benítez y Murphy, 2016).

En la Figura 2, (Meyer, 2017) realiza una gráfica de las ondas cerebrales junto con su correspondiente papel dentro del análisis lingüístico normal. El gráfico indica la manera en que las bandas de frecuencia

se cruzan y se van transformando para alcanzar mayores y más complejos niveles de análisis del discurso.

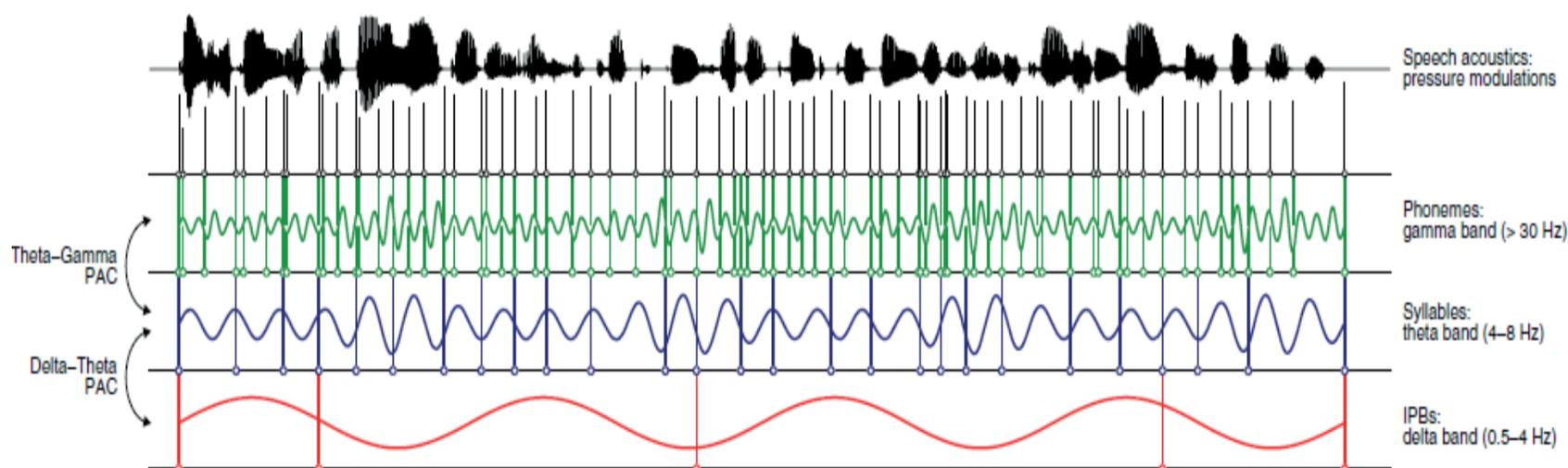


Figura 2. Comportamiento de las Ondas Cerebrales en Procesos de Comprensión y Análisis del Discurso.

Nota: Según Meyer (2017) cada onda participaría en una actividad lingüística diferente, así se indica a la derecha de la imagen. A la izquierda se observan los cruces de frecuencia que ocurren entre las oscilaciones. Se recomienda correlacionar esta información con la anteriormente obtenida. Fuente: (Meyer, 2017)

Variaciones Oscilatorias del proceso de Lenguaje en TEA.

Los estudios referentes a los TEA se encuentran todavía en fases muy tempranas, sin embargo, los hallazgos encontrados ofrecen la posibilidad de realizar una pequeña caracterización sobre el perfil de oscilación de una persona con Trastorno del Espectro Autista. (Kikuchi, Shitamichi, Yoshimura, Ueno, & Hiraishi, 2013) encontraron en sus estudios, que en niños con TEA existe una actividad cerebral lateralizada al hemisferio derecho. Detectaron, además, que las ondas gamma se presentan con una banda de frecuencia mayor y que las beta y alfa, por el contrario, reducen sus frecuencias (Kikuchi, Shitamichi, Yoshimura, Ueno, & Hiraishi, 2013) (Benitez-Burraco & Murphy, 2016).

Otros estudios citados en (Benitez-Burraco & Murphy, 2016) refieren un incremento de la banda de frecuencia en las ondas theta y delta.

Estos patrones diversos se explican gracias a las variaciones estructurales en los cerebros de niños con TEA y cuya afectación modificaría las redes de cableado cerebral y con ello los ritmos de oscilación nerviosa.

Se sabe que los déficits comunicativos de personas con Trastornos del Espectro Autista están dados principalmente en el componente pragmático, que corresponde a la interpretación del discurso dentro de un contexto determinado. Modelos de procesamiento lingüístico sugieren que la comprensión de la lengua dentro de una situación comunicativa precisa está mediada por la interacción sistemática de una serie de procesos cognitivos, orientados uno a uno a la comprensión de los elementos del discurso.

En la Tabla 3 se sintetizan los cambios a nivel lingüístico en niños con TEA y sus patrones oscilatorios diferentes.

Tabla 3. Afectaciones lingüísticas provocadas por las frecuencias cruzadas y los cambios en el ritmo oscilatorio de las ondas cerebrales

Onda	Afectación
Theta	Memoria interrumpida Falta de coherencia
Delta	Interrupción en los procesos de comprensión de frases con estructuras diferentes a voz activa
Gamma	Interrupción en los procesos lingüísticos generales Anomia / evocación de conceptos.
Alfa	Interfiere con el acceso léxico
Beta	Afecta las interpretaciones sintácticas Afecta la comprensión de frases en voz pasiva y preguntas indirectas

Fuente: (Benítez & Murphy, 2016; Kikuchi et al., 2013)

La reducción de las ondas beta mostró ser responsable de interferencias en procesos de comprensión lingüística que requieren de la interrelación de distintas áreas cerebrales (Benitez-Burraco & Murphy, 2016). También las ondas beta de corta frecuencia limitarían la capacidad de clasificación sintáctica de los elementos frasales del discurso.

Las alteraciones en las frecuencias cruzadas se suponen también responsable de los fallos lingüísticos. Particularmente se han descrito alteraciones en las bandas cruzadas alfa – gamma, lo que traería problemas en el reconocimiento léxico (reconocimiento de las palabras), curiosamente estas alteraciones de frecuencia ocurren durante fases de poca activación (Benitez-Burraco & Murphy, 2016). Además, como factor importante se destacan las alteraciones en los receptores de neurotransmisores específicos en el cerebro. Los neurotransmisores son el objeto de las sinapsis químicas y el combustible de la sinapsis eléctrica. La alteración en la recepción de estas sustancias implica alteraciones en los procesos sinápticos. Como se sabe, la sinapsis nerviosa es la energía de todo comportamiento y acción humana, y media, además, los ritmos de oscilación de las ondas cerebrales.

Naturalmente, puede creerse que la alteración de una banda de frecuencia determinada dará como resultado fallas en los niveles lingüísticos dentro de los cuales se le caracterizó como mediador, sin embargo y dada la naturaleza inestable de la anatomía humana, así como la singularidad de cada caso de TEA, esto puede variar de persona a persona. Idealmente se han descrito típicas afectaciones, sin embargo, esto no implica que en todos los individuos ocurran de igual manera. Debe rescatarse que los avances en la caracterización de variaciones oscilatorias proporcionan un insumo importante para la comprensión de un diagnóstico cada vez más recurrente en niños de todo el mundo y por consiguiente para la planeación de estrategias de intervención orientadas a necesidades específicas e individuales.

Aplicación de la Teoría en el Proceso de comprensión Lingüística.

Como se mencionó en la introducción, la comprensión del lenguaje implica una compleja interacción entre sus diferentes componentes. Es solo mediante la integración de la información fonética, fonológica, semántica, sintáctica y pragmática, que se logra una verdadera comprensión del discurso. En casos de TEA la comprensión del discurso como una unidad, así como los diferentes elementos que la componen, representa una dificultad generalizada.

La descripción que hasta ahora se ha hecho sobre las ondas cerebrales y sus bandas de frecuencia cruzadas, carecería de relevancia para la práctica fonoaudiológica, si no se la correlaciona con los procesos y componentes lingüísticos que conocemos e intervenimos en consulta, es por ello que a través del modelo de procesamiento lingüístico que proponen (Belinchón, Riviere, & Igoa, 1992) puede explicarse que así como a nivel cerebral, las ondas cambian y combinan su banda de frecuencia para alcanzar mayores niveles de análisis discursivo (véase la Figura 2), esto es apreciable en la producción lingüística cuando se relacionan a nivel comprensivo y productivo, diversos elementos pertenecientes a los componentes del lenguaje antes mencionados, permitiendo al oyente comprender el mensaje que recibe y al emisor, transmitir eficientemente su intención comunicativa.

Este modelo, como muchos otros, se propone explicar el proceso de los estímulos lingüísticos desde su recepción en una instancia meramente sensorial (el oído), hasta su interpretación completa y detallada en el nivel pragmático. Comprender la ruta que sigue un estímulo lingüístico hasta convertirse en un verdadero elemento comunicativo, permite relacionar el funcionamiento del lenguaje con los procesos de oscilación cerebral que lo motivan.

El modelo de (Belinchón, Riviere, & Igoa, 1992) se describe como un proceso serial (Figura 3) en donde un estímulo (típicamente una producción oral, aunque no necesariamente el único posible) va avanzando a través de los 5 componentes del lenguaje y es analizado en cada uno de ellos.



Figura 3 Modelo de Procesamiento del Discurso de Belinchón e Igoa.

Fuente: Belinchón e Igoa (1992).

En el nivel fonético se capta un sonido y se interpreta como tal (una perturbación acústica). En el nivel fonológico, dicho sonido cobra sentido para el hablante al significarse como un fonema que se incluirá luego en sílabas y palabras, esto tiene lugar, principalmente, gracias a las ondas alfa y gamma. El nivel sintáctico da cuenta de la clasificación de las palabras y la estructura que estas conforman. A nivel oscilatorio su acción está principalmente motivada por las ondas beta. En el nivel semántico cada palabra toma significado y la construcción general lo hace también, según (Benítez-Burraco & Murphy, 2016) gracias a las ondas alfa y delta. Finalmente, el nivel pragmático modifica este significado en función de un contexto determinado, aquí se incluye, por ejemplo, la comprensión de chistes o la ironía y está mediado por la acción de las ondas delta y las transformaciones frecuenciales que esta presenta.

Recordemos, una vez más y como punto clave, que atribuir una función específica a una única banda de frecuencia, no es precisamente correcto, pues como vimos antes, las ondas cerebrales atraviesan por un proceso de cruce de bandas, que permite la conversión de una onda a otra o lo que es lo mismo, la interrelación de dominios tal como los autores lo plasman en su modelo con los componentes lingüísticos (fonético, fonológico, sintáctico, semántico y pragmático).

De esta manera comprendemos que la afectación en cualquiera que sea el nivel de análisis o más bien, cualquiera que sea la onda, dado que ellas median en estos procesos, tendrá como resultado una falla en la comprensión e interpretación global del discurso.

Para el Futuro

Las ondas cerebrales son capaces de explicar el funcionamiento humano tanto normal como patológico. Para disciplinas que se enfocan en el bienestar y desarrollo humano como la fonoaudiología, comprender la labor y actividad de estas oscilaciones, representa una herramienta de potente poder constructor y que permite al profesional de la comunicación humana, a la disciplina que cobija estos saberes y áreas de conocimiento interesadas, desempeñar su labor de mejor manera.

Además de un enfoque patológico, describiendo fallas y alteraciones a las redes cerebrales, el conocimiento y las investigaciones sobre actividad cerebral oscilatoria se perfila como un aliado en la creación de nuevas y mejores estrategias de intervención en procesos de aprendizaje. Importantes hallazgos hechos por (Jacob, Hähnke, & Nieder, 2018) sobre cómo actúan las ondas cerebrales durante el aprendizaje y como mediadores en procesos funcionales de la memoria de trabajo, abren la puerta a nuevas aplicaciones y corrientes terapéuticas soporadas en procesos de estimulación de oscilaciones cerebrales.

Las posibilidades son infinitas y la promesa de nuevos y mejores desempeños logrados gracias a la manipulación de ondas cerebrales dentro de la fonoaudiología, se ven cada vez más cerca. Vale la pena abordar los estudios de (Jacob, Hähnke, & Nieder, 2018) y relacionados, que nos permitan dar con un substrato científico para el aprendizaje dentro de la educación formal.

Conclusiones

Las ondas cerebrales son el verdadero director de orquesta en los procesos cognitivos que realiza el ser humano. Es gracias a estas oscilaciones que el proceso del lenguaje toma sentido y más que eso, es gracias a ellas que hoy podemos hacer uso del lenguaje y su principal producto, la lengua, como la primer y más importante herramienta comunicativa.

El comportamiento normal de las ondas cerebrales como frecuencias individuales y como frecuencias cruzadas, da lugar a procesos lingüísticos exitosos que involucran de manera armoniosa los diferentes niveles de análisis de la lengua. Por el contrario, y como es el caso de las personas con TEA, la anormal oscilación de las ondas (tanto individuales como cruzadas) dará lugar a deficientes habilidades lingüísticas que dificultarán la importante tarea de la comunicación.

La actividad comunicativa es el vehículo no sólo del desarrollo humano sino del desarrollo social, mejores y más efectivos procesos comunicativos nos mantendrán más cerca de mejores condiciones de existencia. La caracterización neurofisiológica del lenguaje en condiciones normales y patológicas es el primer paso para alcanzar el objetivo propuesto de potenciar la comunicación humana.

Finalmente, cabe anotar la imperancia de hacer uso de todos los recursos a los que se tiene alcance, todo esto orientado a generar, dentro de nuestro compromiso social y profesional, mejores condiciones de vida y dotar con nueva y relevante información a nuestras áreas de conocimiento. Invitar al descubrimiento de nuevas aplicaciones del saber, así como a la obtención de nuevos y enriquecedores hallazgos, será siempre la tarea de profesionales y futuros profesionales.

Bibliografía

- Basar, E., & Bahar, G. (2008). A Review of Brain Oscillations in Cognitive Disorders and the Role of Neurotransmitters. *Brain Research*, 1235, 172-193. doi: [10.1016/j.brainres.2008.06.103](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.06.103).
- Belinchón, M., Riviere, A., & Igoa, J. (1992). *Psicología del lenguaje investigación y teoría*. Trotta.
- Benitez-Burraco, A., & Murphy, E. (2016). The Oscillopathic Nature of Language Deficits in Autism: From *Genes to Language Evolution*. *Frontiers in Human Neuroscience*. doi: [10.3389/fnhum.2016.00120](https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00120). eCollection 2016.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2003). Motion Perception in Autism: A "Complex" Issue. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 218-225. DOI: [10.1162/089892903321208150](https://doi.org/10.1162/089892903321208150)
- Boeckx, C., & Theofanopoulou, C. (2015). Language, Cognomes, and the Challenges of building Cognitive Phylogenies. *Frontiers in Psychology*, 6. DOI: [10.3389/fpsyg.2015.00784](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00784)
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal Oscillations in Cortical Networks. *Science*, 304, 1926-1929. doi: [10.1126/science.1099745](https://doi.org/10.1126/science.1099745).
- Cannon, J., McCarthy, M., Lee, S., Lee, J., Börgers, C., Whittington, M., & Kopell, N. (2014). Neurosystems: Brain Rhythms and Cognitive Processing. *The European Journal of Neuroscience*, 39(5), 705-719. doi: [10.1111/ejn.12453](https://doi.org/10.1111/ejn.12453). Epub 2013 Dec 13.
- Engel, A., Fries, P., & Singer, W. (2001). Dynamic predictions: oscillations and synchrony in top-down processing. *Nat. Rev. Neurosci*, 2, 704-716. DOI: [10.1038/35094565](https://doi.org/10.1038/35094565)
- Jacob, S., Hähne, D., & Nieder, A. (8 de agosto de 2018). Structuring of Abstract Working Memory Content by Fronto-parietal Synchrony in Primate Cortex. *Neuron*, 99(3), 588-597. doi: [10.1016/j.neuron.2018.07.025](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.025).
- Kikuchi, M., Shitamichi, K., Yoshimura, Y., Ueno, S., & Hiraishi, H. (2013). Altered brain connectivity in 3-to 7-year-old children with autism spectrum disorder. *Neuroimage: Clinical of Science Direct*, 2, 394-402. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2013.03.003>
- Meyer, L. (2017). The neural oscillations of speech processing and language comprehension: state of the art and emerging mechanisms. *European Journal of Neuroscience*. doi: <https://doi.org/10.1111/ejn.13748>
- Molina, N. (2016). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Repositorio Digital EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16797>
- Murphy, E. (2015). The brain dynamics of linguistic computation. *Frontiers in Psychology*, 13. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01515>
- Narita, H. (2014). *Endocentric Structuring of Projection-free Syntax*. John Benjamins Publishing Company. doi: <https://doi.org/10.1075/la.218>
- Palva, J., & Palva, S. (2018). Functional Integration Across Oscillation Frequencies by Cross-Frequency Phase Synchronization. *The European Journal of Neuroscience*, 48(7), 2399-2406. doi: [10.1111/ejn.13767](https://doi.org/10.1111/ejn.13767). Epub 2017 Dec 2.
- Quijada, C. (2008). Espectro autista. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 86-91. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062008000700013>
- Theofanopoulou, C. B. (2018). *Language, Syntax, and the Natural Sciences*. (I. Á. Martín, Ed.) Press, Cambridge University.
- Traub, R. D., Whittington, M. A., Colling, S. B., Buzsáki, G., & Jefferys, J. G. (1996). Analysis of Gamma Rhythms in the Rat Hippocampus in Vitro and in Vivo. *The Journal of Physiology*, (Pt 2), 471-484. doi: [10.1113/jphysiol.1996.sp021397](https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021397).
- World Health Organization. (2018). *World Health Organization*. Obtenido de <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>