

Potenciales cerebrales relacionados a eventos (PRE) y mapeo cerebral durante la presentación de palabras abstractas y concretas

Potentiels cérébraux liés à l'événement (ERP) et cartographie cérébrale lors de la présentation de mots abstraits et concrets
Potenciais cerebrais relacionados aos eventos (PRE) e ao mapeamento cerebral durante a apresentação de palavras abstratas e concretas
Event-Related Potential (ERP) and brain mapping during presentation of abstract and concrete words

Víctor M. Alcaraz Romero¹; Dora E. Granados Ramos¹; Tania I. Hernández Coloa¹; Laura Carrasco Hernández¹

1. *Laboratorio de Neurofisiología del Lenguaje, Facultad de Psicología Campus Xalapa, Universidad Veracruzana. México.*

Resumen

Se llevó a cabo un estudio exploratorio de las actividades cerebrales que se producen cuando palabras, sea de carácter abstracto o concreto, se presentaron auditivamente a un grupo de participantes con educación universitaria de 18 a 25 años de edad. Se emplearon dos técnicas: la de los Potenciales cerebrales relacionados a eventos (PRE) y la del mapeo cerebral. Para elegir las palabras estímulo que se utilizaron se aplicaron a los sujetos, previamente, dos pruebas, una de fluidez verbal para descubrir las palabras más frecuentes en su léxico y otra de definición de palabras para conocer los niveles de abstracción que tenían. Se encontraron diferencias significativas con $p < 0.05$ en los PRE de la derivación Fz en las latencias que van de 300 a 400 ms y en las de 700 a 800 ms mostrando que para las palabras abstractas se requiere mayor número de procesos que para las concretas; también en las amplitudes ante los dos tipos de palabras, donde el promedio fue mayor para las abstractas (1.49 μV) que para las concretas (0.96 μV). Las ondas registradas con las palabras abstractas tuvieron voltajes más altos en los potenciales de latencia tardía y eso implica que poblaciones neuronales más numerosas fueron activadas. En los mapas cerebrales de las palabras abstractas se observó beta y gama en las zonas anteriores con orientación hacia el hemisferio derecho y en las palabras concretas dichas frecuencias electroencefalográficas se localizaron en la región occipital. La actividad delta se observó en las zonas centrales bilaterales en el caso de las palabras abstractas y en las regiones centro occipitales para las palabras concretas.

Palabras clave: Lenguaje, neurofisiología, palabras, potenciales relacionados a eventos.

Résumé

Une étude exploratoire des activités cérébrales se produisant lors de la présentation auditive de mots abstraits ou concrets a été menée auprès d'un groupe de participants de 18 à 25 ans ayant une formation universitaire. Deux techniques ont été utilisées : les potentiels cérébraux liés aux événements (PRE) et la cartographie cérébrale. Afin de déterminer les mots qui seraient utilisés comme stimuli, les sujets ont au préalable complété deux tests, soit un test de fluence verbale, afin de découvrir les mots les plus fréquents dans leur lexique et un test de définition de mots, afin de connaître leurs habiletés d'abstraction. Des différences significatives ont été trouvées avec $p < 0.05$ dans le PRE de la dérivation Fz dans les latences allant de 300 à 400 ms et dans celles de 700 à 800 ms, montrant que davantage de processus étaient nécessaires pour les mots abstraits que pour les mots concrets. Aussi, la moyenne d'amplitude avant les mots était plus grande pour les mots abstraits (1.49 μV) que pour les mots concrets (0.96 μV). Les ondes enregistrées avec les mots abstraits avaient des tensions plus élevées dans les potentiels de latence tardive, ce qui implique que de nombreuses populations neuronales ont été activées. Dans les cartes du cerveau des mots abstraits, Bêta et Gamma ont été observés dans les régions antérieures avec une orientation vers l'hémisphère droit, alors que pour les mots concrets, les fréquences électroencéphalographiques étaient situées dans la région occipitale. L'activité Delta a été observée dans les zones bilatérales centrales dans le cas des mots abstraits et dans les régions centrales occipitales pour les mots concrets.

Mots-clés: Langage, neurophysiologie, mots, potentiels liés aux événements.

Artículo recibido: 07/07/2017; artículo revisado: 13/09/2017; artículo aceptado: 29/12/2017.

Toda correspondencia debe ser enviada a Víctor Manuel Alcaraz Romero, Facultad de Psicología Campus Xalapa, Laboratorio de Neurofisiología del Lenguaje, Universidad Veracruzana, México, Manantial de San Cristóbal S/N, Col. Xalapa 2000, C.P. 91097.

E-mail: vmar1@me.com

DOI:10.5579/ml.2017.0371

Resumo

Foi realizado um estudo exploratório nas atividades cerebrais que produzem palavras, seja de caráter abstrato, seja concreto. Palavras foram apresentadas de forma auditiva a um grupo de participantes com educação universitária de 18 a 25 anos de idade. Foram utilizadas duas técnicas: potenciais cerebrais relacionados a eventos (PRE) e mapeamento cerebral. Para escolher as palavras de estímulos que foram utilizadas, foram aplicadas nos participantes previamente duas tarefas, uma de fluência verbal para descobrir as palavras mais frequentes no léxico e outra de definição de palavras para conhecer os níveis de abstração. Encontraram-se diferenças significativas com $p < 0,005$ nos PRE da derivação Fz nas latências que vão de 300 a 400ms e nas de 700 a 800ms mostrando, que para as palavras abstratas se requer um maior número de processos do que para as palavras concretas. Encontrou-se, ainda, nas amplitudes ante os dois tipos de palavras, uma média maior para as palavras abstratas (1,49 μv) do que para as palavras concretas (0,96 μv). As ondas registradas com as palavras abstratas tiveram voltagens mais altas nos potenciais de latência tardia, o que sugere que conexões neuronais mais numerosas foram ativadas. Percebe-se que os mapas das palavras abstratas beta e gama foram localizados nas zonas anteriores com orientação para o hemisfério direito; já nas palavras concretas as frequências eletroencefalográficas foram localizadas na região centro occipital.

Palavras-chave: linguagem, neurofisiologia, palavras, potenciais relacionados a eventos.

Abstract

An exploratory study of cerebral activities was conducted using abstract or concrete words. The words were aurally presented to a group of participants with a university education ranging from 18 to 25 years old. Two techniques were used: Event-Related Potential (ERP) and brain mapping. To choose stimulus words, previously two tests were applied to subjects. A verbal fluency test in order to find the most frequent words in their lexicon and another test to know abstraction levels that subjects had. Significant difference with $p < 0.05$ of words definition in the PRE of Fz derivation of 300 to 400 ms and 700 to 800 ms showing that for abstract words a greater number of processes is required than for concrete words; also in the amplitudes in the two types of words, where the average was higher for the abstract ones (1.49 μv) than for the concrete ones (0.96 μv). The waves recorded had higher voltages in late latency potentials, that means that multiple neuronal populations were activated. In the brain maps of abstract words, beta and gamma were observed in anterior areas of left and right hemispheres and for concrete words one focus of the same electroencephalographic frequencies were located in the occipital region. Delta activity allowed distinguish the activity that occurred with the presentation of abstract and concrete words. Abstract words generate activities in the bilateral central areas and concrete words in the occipital regions.

Key words: Language, neurophysiology, words, event related potentials.

1. INTRODUCCIÓN

La Neuropsicología Latinoamericana se ha desarrollado gracias a un conjunto de esfuerzos pioneros realizados en nuestro continente en el que tres lenguas romances imperan: el español, el francés y el portugués, lo que ha abierto un amplio campo a los análisis lingüísticos y al estudio de los procesos neurofisiológicos que están a la base de las interacciones comunicativas humanas. La labor de Juan Azcoaga (1985) en ese terreno ha abarcado, por una parte, la constitución de infraestructura física para el desarrollo de las actividades de investigación y por la otra, un esfuerzo extraordinario en las tareas de enseñanza realizado en todos los países latinoamericanos, así como un conjunto de aportaciones de orden teórico en el terreno de las afasias, los códigos neurales y fonológicos. Sus contribuciones al actuar práctico en las tareas dirigidas a resolver los problemas generados por las afecciones cerebrales han sido además de gran relevancia.

Una tarea pendiente para la neuropsicología latinoamericana, es el análisis de la estructura de las lenguas romances, en las que por ejemplo, los trabajos comparativos sobre la dislexia en inglés, francés y español serían muy aleccionadores. Así, en nuestro laboratorio se han podido diferenciar los tipos de errores en la lectura que se presentan en el español considerado como una lengua transparente y el inglés y el francés que se caracterizarían por su opacidad en el proceso de transferencia del grafema al fonema (Cano, Granados & Alcaraz, 2014). Juan Azcoaga (1984) al respecto, en sus intentos de descubrir los códigos fonológicos hizo estudios sobre el español rioplatense que llenaron un hueco en la necesidad de tener más datos sobre la estructura del español y sus correlatos en la organización cerebral, pues no obstante la predominancia de los puntos de vista sobre la universalidad de los códigos fonológicos, la estructura de las distintas lenguas es muy distinta como puede verse en la organización

sujeito verbo objeto (SVO), verbo sujeto objeto (VSO), verbo objeto sujeto (VOS), objeto sujeto verbo (OSV) o bien objeto verbo sujeto (OVS).

Como un modesto homenaje a lo que fue el quehacer de Juan Azcoaga en el afán de acrecentar el conocimiento y mejorar los procesos terapéuticos en el terreno de la neuropsicología, presentamos en este trabajo una serie de reflexiones y análisis sobre la estructura del lenguaje y algunos de los correlatos electrofisiológicos de las funciones del habla.

Para ello, primero haremos un breve ejercicio teórico sobre las funciones que cumple el lenguaje, apoyándonos en los trabajos de Jakobson (1976) y, a partir del esquema así formulado, mostraremos algunos datos de lo que hemos descubierto en el análisis de los correlatos electrofisiológicos de algunos procesos lingüísticos.

Jakobson (1963) basándose en una propuesta de Bühler (1933) planteó las siguientes seis funciones del lenguaje:

Emotiva expresiva, en la que están comprendidos los aspectos evocativos emocionales de los hablantes tanto en las modulaciones prosódicas que llevan a cabo, como incluso en las manifestaciones físicas de los cambios en la actividad cardiaca, sudoración, rubor, etc.

Fática, término extraído de los escritos de Malinowski (1937), la cual cumple el papel de iniciar, mantener y suspender una interacción verbal y está compuesta por fórmulas de cortesía en las saluciones, las despedidas y por las preguntas que el oyente hace al hablante o a la inversa el hablante al oyente. Miradas, sonrisas, gestos de asentimiento y expresiones de rechazo a lo que se oye constituyen el conjunto de conductas empleadas en esta función.

Otra de las funciones es la conativa, integrada por órdenes y peticiones.

Naturalmente, en el esquema jakobsiano está la que siempre ha sido considerada como núcleo del lenguaje, la función referencial, compuesta por indexaciones y designaciones a la realidad externa y al mundo interno de los hablantes.

Jakobson (1976) propuso además, otras dos funciones, la poética y la metalingüística, pero nosotros las suprimimos en nuestro esquema porque la primera se centra en los componentes eufónicos a los que acuden los literatos en sus obras y la segunda representa análisis y caracterizaciones que más bien llevan a cabo los especialistas en el lenguaje cuando utilizan términos técnicos para referirse al lenguaje hablado o escrito. Los hablantes simplemente utilizan operaciones aprendidas para lograr efectos comunicativos en sus oyentes, no reflexionan sobre su lenguaje. Efectivamente, buscan evitar repeticiones y suprimir cacofonías pero en general no es esa su preocupación más importante, su pretensión básica es que su oyente entienda la comunicación que intenta hacerle. Por ese motivo esas dos funciones las sustituimos por otras dos que consideramos más fundamentales y que denominamos relacional y autorreflexiva del lenguaje. La relacional representa la ordenación sintáctica de las producciones lingüísticas y la autorreflexiva, la integración ordenada de los actos referenciales mediante el conjunto de todas las otras funciones, así como la conciencia que el hablante tiene del mundo al cual hace referencia con cada una de sus palabras. Esto último se consigue mediante el establecimiento de la asociación que permite que el referente, la palabra, produzca en el hablante y el oyente un conjunto de reacciones y operaciones que podríamos plantear como el núcleo del significado de cada una de las expresiones lingüísticas (Alcaraz & Martínez-Casas, 1994).

Para que mejor se entienda lo anterior, dividiremos primero el léxico en palabras contenido y palabras función. Las palabras contenido se refieren a las cosas y los fenómenos que ocurren en el medio externo e interno de los individuos. Las palabras función sirven para ayudar a la caracterización de lo que es referido con las palabras contenido y para ayudar a determinar en los dominios espacial y temporal la ubicación de lo que es objeto de las distintas referencias lingüísticas.

Las palabras contenido pueden clasificarse categorialmente en palabras concretas y abstractas. Las palabras función están constituidas principalmente por las preposiciones, los artículos, las conjunciones y las disyunciones.

Diversos niveles de concreción o abstracción pueden encontrarse. La designación de naturaleza más concreta es el nombre propio que sirve para identificar a una persona, para lo cual es necesario que en lo que vendrían a ser los elementos del significado de su nombre se encuentren englobadas la mayoría de las características que distinguen a esa persona de otros individuos.

Después del nombre propio, en grados diferentes de abstracción, tendríamos hipónimos e hiperónimos en los que los aspectos sensoriales evocados por este tipo de palabras van gradualmente desapareciendo hasta que en el hiperónimo de más alta abstracción sólo quedan definiciones verbales sin resabios de aspectos sensoriales.

Una representación de esas diferencias estaría dada por los siguientes esquemas:

a) Nombre propio “Miguel de Cervantes” (Rs1, Rs2, Rs3, Rs4, Rs5, Rs6...Rsn, RA1, RA2...RAn, RM1, RM2,

RM3 RMn, RV1, RV2, RV3, RV4, RV5, RVn) en donde las evocaciones que en el organismo produce dicho nombre están constituidas por lo que sería la parte sensorial de la estructura de la función referencial, es decir, el conjunto de respuestas de tipo perceptual (Rs) que permiten caracterizar a dicho personaje (sus rasgos faciales (Rs1), su altura, (Rs2) el color de sus ojos (Rs3) y de su pelo (Rs4), su barba (Rs5) su vestimenta (Rs6), etcétera (Rsn). A esos componentes sensoriales se le agregarían las respuestas emocionales que pudiera suscitar: admiración (RA1), respeto (RA2), etcétera (RAn). En la estructura significativa también se hallan las respuestas de orden motor que pudiera llegar a generar ese nombre como sería buscar sus libros para leerlo (RM1), escribir sobre su obra (RM2) o hablar sobre él (RM3), etcétera (RMn) y las definiciones verbales (RV) que pudiéramos hacer de él (Escritor (RV1) que vivió entre los años de 1500 y 1600 (RV2), autor del Quijote (RV3) y de las Novelas Ejemplares (RV4), cumbre de la literatura española (RV5) etcétera (RVn).

b) Hipónimo “ser humano” (Rs1, Rs 2, RV1, RV2 RV3, RV4, RVn) en el que podemos ver que los rasgos sensoriales que suscita este hipónimo son en un número mucho menor que los evocados por el nombre propio, mientras que las respuestas verbales definitivas de lo que es un hombre son las que predominan.

c) Finalmente tendríamos a los Hiperónimos, por ejemplo “infinito” que sólo estaría compuesto por respuestas verbales de tipo definitivo con dificultades para encontrar aspectos sensoriales.

Por lo que respecta a las palabras función veríamos que éstas generarían en nuestro esquema un conjunto de respuestas motoras en virtud de que implican poner en relación series de palabras contenido en la estructura de la frase, lo que en el mundo sería ubicar espacialmente las referencias, como en la oración “La caja está colocada sobre la mesa” o bien situar temporalmente dos acontecimientos como “La segunda guerra mundial empezó después de la invasión de Polonia por parte de Alemania” o asignar una cualidad determinada a un cierto objeto o ente como “La caja está pesada” que implica una acción muscular consistente en levantarla o bien “La rosa es roja” en la que por cierto, podría surgir la pregunta relativa a los actos motores que podrían estar atrás de la predicación que asigna a la rosa un color rojo. Estos actos motores se nos hacen evidentes si nos desprendemos de la simple formulación verbal y vamos a los actos que permiten descubrir el color rojo de la rosa y que consisten en movimientos oculares de escudriñamiento de las distintas características de esa flor, los cuales permiten dar fundamento o sostén a esa clase de formulación verbal.

Enseguida haremos un muy somero recuento de cómo en nuestro propio trabajo hemos buscado analizar las funciones del lenguaje y asimismo presentaremos una primera parte de un trabajo de investigación que recién iniciamos sobre la función referencial y lo que serían los sistemas cerebrales que se activan en el caso de las palabras concretas y abstractas, con su diferente carga de Rs o de RV.

En la neurofisiología del lenguaje, los descubrimientos señeros se obtuvieron primero en el campo de las afasias con los trabajos de Broca (1863) y Wernicke (Mesulam, Thompson & Rogalski, 2015) que diferenciaron las afasias en motoras y en sensoriales y por lo tanto ubicaron los daños en el cerebro en la parte anterior para la pérdida del lenguaje expresivo y en la parte posterior para la afectación a

la comprensión del habla. Ya en el siglo XX, Penfield (1958) en el curso de una serie de operaciones quirúrgicas logró elaborar una especie de mapa de las regiones cerebrales involucradas en los aspectos lingüísticos y, la clínica de las afasias, con los trabajos de Luria (1977) permitió una mejor determinación de las áreas funcionales en el cerebro que intervenían en los distintos tipos de este padecimiento. Más tarde fueron especificadas incluso con mayor precisión esas regiones cerebrales cuando en los trabajos de Warrington y McCarthy (1987), Petersen (1989), Caramazza (1990), Damasio (1990), Damasio y Tranel (1993) y Yudes, Domínguez, Cuetos y de Vega (2016) se descubrieron áreas asociadas a aspectos categoriales de tipo gramatical como sustantivos, verbos, preposiciones, pronombres y artículos. Esa tarea no sólo implicó observaciones clínicas sino también el uso de instrumentos electrofisiológicos y de técnicas de Tomografía por positrones (Haiwh, 2009) y Resonancia magnética funcional (Wager & Lindquist, 2015; Blank & Fedorenko, 2016) que permitieron ir más allá de la determinación de los signos afásicos al obtener en vivo imágenes de las áreas que intervienen en las diversas actividades lingüísticas. Maniobras como la anestesia unilateral de los hemisferios cerebrales sirvieron también como técnicas de localización funcional (Barthlow, 1874 citado por Whitaker, 1998).

Los procedimientos de registro electrofisiológico permitieron conseguir una definición temporal más precisa de la actividad del cerebro y descubrir las reacciones en el sistema nervioso cuando se ve enfrentado a operaciones relacionadas con la semántica o la estructuración sintáctica del lenguaje.

En nuestro caso, empezamos a utilizar el registro electroencefalográfico (EEG) para tratar de aprehender la dinámica de la actividad cerebral cuando a los sujetos participantes en nuestras investigaciones se les pidió que realizaran tareas que exigían recurrir a la función relacional y a la función emotiva-expresiva del lenguaje. Para ello solicitábamos la elaboración de frases a partir de tres tipos de estímulos inductores. En una condición se empleaban dos palabras con alta asociatividad entre sí, mientras que en otra, esa asociatividad de las dos palabras estímulo era baja. Por último, la tercera condición implicaba que las dos palabras estímulo tuvieran una alta carga emocional. De ese modo pretendíamos descubrir las zonas cerebrales que se activarían durante el proceso de producción de las frases en situaciones en las que la función relacional tiene una condición facilitadora, al apoyarse en la alta asociatividad de las palabras estímulo, en tanto que, en la segunda situación, las exigencias para la construcción de la frase con palabras estímulo de muy baja asociatividad, imponían una elaboración en la que iba a necesitarse un mayor número de operaciones. En cuanto al uso de las palabras de alta carga emocional lo que buscábamos era precisamente, activar la función emotiva expresiva. Supusimos que con alta asociatividad la activación del cerebro sería mayor en las regiones posteriores porque en ellas las palabras contenido iban a predominar debido a que un reducido número de palabras función se necesitaban para con ellas formular las frases solicitadas, mientras que las zonas anteriores intervendrían en mayor medida para la elaboración de frases con palabras de baja asociatividad en virtud de que requerían el empleo de más palabras función. Para las frases con contenido emocional supusimos que durante su formulación se activarían las zonas temporales. Encontramos que las frases producidas con palabras estímulo de alta asociatividad fueron

de tipo estereotipado. Cuando las palabras inductoras tenían una baja asociatividad las frases fueron no estereotipadas. En el análisis de las frecuencias electroencefalográficas observamos un mayor aumento en la potencia relativa de la banda beta rápida (beta 2) en las zonas anteriores del hemisferio izquierdo durante la producción de frases no estereotipadas. Esa actividad apareció acompañada por un aumento en la potencia relativa de la banda delta en esas mismas regiones anteriores, pero en forma contralateral en el hemisferio derecho. Las frases estereotipadas mostraron un patrón semejante de activación, aunque con valores inferiores. Con las frases evocadas por estímulos emocionales descubrimos que la asimetría de la actividad cerebral se cargaba hacia la parte anterior del hemisferio derecho en la banda correspondiente a Beta 1 mientras que delta se observaba en las zonas homólogas contralaterales. Esos hallazgos nos hicieron ver que se producen activaciones e inhibiciones en zonas cerebrales para asegurar lo que suponemos es la formación de circuitos neuronales que requieren una participación diferencial de ciertas estructuras. En las producciones lingüísticas que requieren mayores operaciones, la actividad beta se concentra en el hemisferio izquierdo al mismo tiempo que en forma paralela delta aparece en el hemisferio derecho. Un patrón distinto ocurre en las frases emocionales con beta en el hemisferio izquierdo únicamente en zonas posteriores y delta en el derecho sólo en regiones anteriores. Desgraciadamente con nuestros procedimientos no fue posible determinar en forma precisa todas las regiones puestas en marcha en cada uno de los hemisferios cerebrales porque el número de electrodos utilizados fue el del sistema internacional 10-20 con 19 electrodos (Alcaraz, Díaz de León, García & Guevara, 1992). Un análisis realizado en otro trabajo con la misma técnica de emplear palabras con alta y baja asociatividad como estímulo para la construcción de frases y mediante el recuento en las frases elaboradas del número de palabras función y de palabras contenido, nos permitió descubrir que cuando son necesarias más palabras función, los aumentos en las ondas rápidas de las bandas alfa y beta, así como las lentas de delta, se dieron en el hemisferio izquierdo en las zonas anteriores con una disminución de la potencia de los ritmos corticales, excepto la de alfa para las frases estereotipadas. (Alcaraz, Díaz de León, Meraz & Guevara, 1994). En niños con problemas de agramatismo descubrimos una diferenciación mayor de la actividad eléctrica cerebral en uno y otro hemisferio que podría explicar sus dificultades en la producción del lenguaje, pues en el hemisferio derecho encontramos, en condiciones de reposo, una actividad teta y delta muy acusada en las zonas parieto temporales que no se veía en el hemisferio contralateral (Alcaraz, Martínez-Casas, Gómez Morín & De la Mora, 2003). Los datos de la distribución de los ritmos corticales en distintas áreas del cerebro parecen indicar procesos de activación e inhibición recíproca, dado que las frecuencias EEG lentas están relacionadas con procesos inhibitorios, más acusados entre más lento es el ritmo en delta y representando mayor excitación en las bandas alfa, beta y gamma. Debe, sin embargo, tenerse claro que una inhibición, como por ejemplo la inhibición teta hipocámpica, lleva a una activación con el beta propio del reflejo de orientación en las zonas corticales. Gamma, por otro lado, se ha relacionado con los procesos cognitivos más complejos durante el aprendizaje (Ver Niedermeyer, y Lopes da Silva, 1999, Schomer, D. y Lopes da Silva F., 2005 y Buzsáki, 2006).

Ese programa de análisis de las funciones del lenguaje lo hemos seguido y ahora estamos involucrados en un proyecto de investigación dedicado a la función referencial para el que hemos elegido el uso de los potenciales relacionados a eventos (PRE), pues mediante esa técnica suponemos se pueden captar aspectos relacionados con la temporalidad del proceso de determinación del significado de las palabras, así como algunas de las características de su carga en aspectos sensoriales o verbales que es lo que define la diferencia existente entre las palabras abstractas y concretas, donde estas últimas tienen una mayor concentración de componentes sensoriales.

La ventaja de los PRE es que se han descubierto un gran número de ondas en relación con los procesos de progresiva estructuración de las respuestas que se dan a los estímulos exteroceptivos recibidos por los sujetos de experimentación. Los potenciales se han dividido según la latencia de aparición de las ondas. En la vía auditiva ha sido posible registrar los de latencia temprana que involucran la actividad de los diversos núcleos del tallo cerebral y que aparecen en los primeros 10 ms. Los llamados de latencia tardía se registran a partir de los 50 ms que siguen a la estimulación y se han relacionado con procesos de atención, análisis y determinación de las características de los estímulos recibidos por parte de la corteza cerebral. Las deflexiones negativas y positivas registradas en el vértex P1 o P100, N1 o N100 y P2 o P200, representan actividades en la corteza auditiva y en las cortezas de asociación. En las cortezas visuales tenemos P1 a los 120 ms y N1 a los 170 ms. Una positividad en los PRE que aparece hacia los 300 ms, la P300, surge ante estímulos con baja probabilidad de aparición acentuándose su amplitud entre más baja sea la probabilidad que tenga el estímulo de presentarse en un contexto en el que otro tipo de estímulos ocurre en forma continua. La P300 se divide en P3a y P3b. Se ha propuesto que P3a señala el momento en el que el sujeto presta atención en forma involuntaria a los estímulos. Se le localiza generalmente en las zonas frontales. P3b parece relacionarse con procesos de categorización y con dificultades para la discriminación de los estímulos recibidos, tiene una latencia hacia los 600 ms y su localización es parietal. Por lo que respecta a los estímulos lingüísticos las ondas principales son la N400 y la P600. La primera se ha propuesto que representa la captación de incongruencias de tipo semántico y la segunda, discrepancias descubiertas en los procesos sintácticos (Luck & Kappenman, 2011; Schacht, Sommer, Shmuilovich, Casado & Martín-Loeches, 2014).

Armados con las herramientas de PRE y del análisis del espectro de frecuencias en el EEG empezamos a llevar a cabo primero, un estudio exploratorio para poder descubrir las áreas cerebrales que intervienen en la determinación de los significados de las palabras referenciales. Como ya lo dijimos, hemos dado comienzo a ese programa con el análisis de palabras abstractas y concretas.

La técnica de los potenciales relacionados a eventos demanda además satisfacer una serie de criterios metodológicos muy estrictos que son difíciles de instrumentar. Primero, las palabras utilizadas deben tener la misma longitud, pero resulta que hay una diferencia entre las palabras concretas y las abstractas, estas últimas tienen un mayor número de sílabas que las primeras. En segundo lugar, la extensión de los vocabularios varía en los sujetos con dependencia de su nivel

de estudios y de su clase social y en tercer lugar, el tipo de presentación de los estímulos visuales o auditivos origina actividades diferentes en la corteza cerebral.

En este primer trabajo, entonces, tratamos de resolver esas dificultades. En lo que se refiere a la longitud de las palabras, decidimos que en lugar de tomar el número de sílabas consideráramos el tiempo necesario para su pronunciación y respecto al vocabulario, nos aseguráramos, mediante una prueba de definición de palabras, del conocimiento que los sujetos tuvieran de las que se emplearían en el estudio y además, en la elección de las palabras estímulo, sólo seleccionar las que fueran más frecuentes en los vocabularios de la población estudiada.

En este primer momento no nos planteamos una hipótesis formal como guía para el trabajo, aunque en nuestros esquemas teóricos hay lugar para suponer que para las palabras abstractas el proceso de comprensión de su significado requerirá un mayor número de estructuraciones en el sistema nervioso y por lo tanto, en el caso de los PRE, originará componentes de más larga latencia e implicará la participación de las zonas anteriores del cerebro por la carga de respuestas verbales que se necesitan para identificarlas y en el caso de las palabras concretas por el mayor número de componentes sensoriales que tienen, las latencias de las ondas que se supone originarían, serán más tempranas, localizándose más en la parte posterior sensorial del cerebro.

2. METODOLOGÍA

Diseño

Se realizó un estudio experimental, transversal, exploratorio de naturaleza comparativa con tareas de lenguaje y potenciales relacionados a eventos (PRE) a palabras auditivas abstractas y concretas. Se elaboraron los mapas cerebrales de potencia absoluta ante ojos cerrados, palabras concretas y abstractas y se realizó un análisis cuantitativo de las latencias y las amplitudes de los PRE obtenidos.

Participantes

La muestra fue no probabilística por conveniencia estuvo conformada por 12 estudiantes con lateralidad derecha (6 mujeres y 6 hombres) de la facultad de Psicología de la Universidad Veracruzana. La edad de los participantes fue de 18 a 25 años de edad, con 21 años en promedio $DE \pm 2.2$.

Consideraciones éticas

La presente investigación se basó en los lineamientos éticos propuestos en la Declaración de Helsinki conforme a la Asociación Médica Mundial respecto a la investigación realizada con seres humanos en la 64ª asamblea (2013).

El procedimiento de esta investigación no fue invasivo, se entregó un consentimiento informado a los participantes, donde se hizo mención de los procedimientos a realizar durante la sesión de evaluación y de la confidencialidad de la información proporcionada.

Procedimiento

En dos sesiones de 90 minutos en promedio, en la primera se realizaron las tareas de definición escrita de palabras abstractas-concretas y la de fluidez verbal; en la segunda se realizó un registro electroencefalográfico (EEG) y de potenciales relacionados a eventos (PRE).

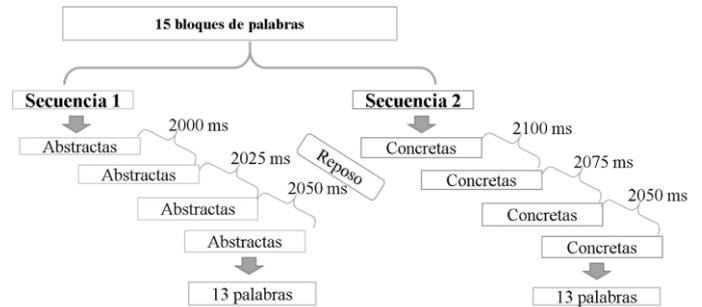
Todas las evaluaciones se realizaron por personas capacitadas, en un espacio libre de estímulos distractores y con iluminación adecuada. Se documentaron los antecedentes de escolaridad, edad, años de estudio, lateralidad.

La prueba de definiciones de palabras abstractas y concretas (13 para cada tipo) duró 30 minutos en promedio. Los participantes escribieron las definiciones en una computadora después de leer la siguiente instrucción: “Esta es una prueba destinada a ver tu dominio del lenguaje. Para cada palabra piensa y escribe el significado que tiene.” Los datos derivados de esta tarea permitieron describir el manejo de conceptos de los participantes, sin embargo no se utilizaron para compararlos con la tarea conductual durante el registro de la actividad eléctrica cerebral.

La tarea de fluidez verbal libre duró dos minutos. Se solicitó a los participantes que con los ojos cerrados dijeran lo más rápido posible el mayor número de palabras. Las palabras se audiograbaron. Posteriormente se transcribieron y se contó el total de palabras producidas tanto al minuto como a los dos minutos con el objeto de conocer el léxico de los participantes y excluir a quienes no fueran capaces de producir el número de palabras promedio que se ha encontrado en muestras más grandes (Pelayo, Granados & Alcaraz, 2012).

Se realizó un EEG clínico en vigilia en reposo con ojos cerrados, utilizando 64 electrodos sueltos, colocados sobre el cuero cabelludo según el Sistema Internacional 10-20 con el equipo Synamps RT y el programa Curry 7.0 XS. Se registraron las derivaciones: FP1-FP2, AF3-AF4, F1-F2, F3-F4, F5-F6, F7-F8, FT7-FT8, FC1-FC2, FC3-FC4, FC5-FC6, C1-C2, C3-C4, C5-C6, T7- T8, TP7-TP8, CP1-CP2, CP3-CP4, CP5-CP6, P1-P2, P3-P4, P5-P6, P7-P8, PO3- PO4, PO5-PO6, PO7-PO8, CB1-CB2, O1-O2, FPZ, FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, POZ, OZ. Se colocaron electrodos de referencia en la apófisis del hueso mastoides (A1-A2) y un electrodo como punto tierra, en la frente de los participantes. Se registraron los movimientos oculares verticales y horizontales mediante electrodos colocados en el ojo dominante de cada participante (VE1-VE2 y HO1-HO2) y la frecuencia cardiaca, mediante electrodos colocados debajo de las clavículas (EKG1- EKG2). Posteriormente se registró la actividad eléctrica cerebral ante tareas de lenguaje con la siguiente instrucción: “Esta es una prueba destinada a ver tu dominio de lenguaje. Para ello vas a escuchar unas palabras. Para cada palabra piensa cuál es el significado que tiene”. Se emplearon 26 palabras frecuentes, 13 abstractas y 13 concretas que se presentaron en 30 bloques, 15 de cada categoría de forma alternada, resultado de un corpus que se integró a partir de la producción, en una tarea de fluidez verbal libre, de 200 participantes de 18 a 25 años de edad provenientes de 3 facultades de la Universidad Veracruzana (resultados aún no publicados). Las palabras de cada bloque se presentaron en la modalidad auditiva en forma binaural mediante audífonos TDH-39 a una intensidad de 90 dB en orden semialeatorizado (anexo 1). El tiempo inter-estímulos tuvo duraciones de 2000 ms, 2025 ms, 2050 ms, 2075 ms y 2100 ms. La duración promedio de los estímulos fue de .74 segundos DE \pm .07 (Figura 1).

Figura 1. Representación del paradigma



El procesamiento de la señal se realizó con Curry 7.0 XS. Se utilizó una referencia común promediada, se utilizó una ventana de rechazo de épocas de -75 a 75 μ V en todas las derivaciones para los artefactos oculares. Se utilizó una ventana de rechazo de 90 épocas de 195 tanto para las palabras concretas como para las abstractas. La ventana de análisis fue de -100 a 1000 ms. Se utilizó un filtro de 1 a 90 Hz y se realizó el análisis de la señal en tiempo, considerando la latencia y la amplitud en las derivaciones Fz, y Cz. Se identificó la latencia y la amplitud de los componentes tempranos P1, N1 y P2 en los PRE de las palabras concretas y abstractas considerando P1 de 50 a 100 ms, N1 de 90 a 200 ms y P2 de 100 a 250 ms. En los componentes tardíos de 300 ms en adelante, un experto seleccionó los picos de los PRE que sobresalían en la ventana de análisis de cada caso ante los dos tipos de palabras y se registró la medición de las latencias y amplitudes establecidas automáticamente por el programa. Se obtuvieron mapas cerebrales de la potencia absoluta de las frecuencias EEG correspondientes a dos periodos, uno de control de 60 segundos con ojos cerrados y ausencia de estimulación y otro durante la fase experimental de 160 segundos cuando se hizo la presentación de las palabras usadas como estímulo, con el fin de obtener la potencia absoluta evocada en las bandas delta (1-3.5 Hz), theta (3.5-7.5 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (13-30 Hz) y gama (31-90 Hz) que estaba en relación con las palabras abstractas y concretas que componían la serie de estímulos de prueba. Para obtener los valores de la potencia absoluta se utilizó el programa MATLAB 2011 con el Toolbox fieldtrip utilizando la Transformada Rápida de Fourier (Oostenveld, Fries, Maris & Schoffelen, 2011).

El análisis de los datos obtenidos con la prueba de definición de palabras se realizó por dos personas que clasificaron cada definición como: Categorical si llevaban a cabo operaciones de supra-ordenación y subordinación; sinónimica si utilizaban términos con significado igual o equivalente; antonímica si utilizaban palabras con significado opuesto al concepto a definir; metafórica si usaban analogías; funcional si señalaban usos o actividades prácticas realizadas con lo referido; descriptiva si enumeraban los rasgos sensoriales de los objetos o estímulos; vivencial si hacían referencias a experiencias de carácter personal; tautológica si utilizaban como definición el mismo término que deberían definir; cambio semántico si implicaban la transformación del significado usual de la palabra y fracaso si sus respuestas eran incoherentes o carentes de sentido.

Para el análisis estadístico con el programa JMP 10 se realizó una Prueba Wilcoxon para medidas dependientes con distribución no paramétrica para comparar las latencias y

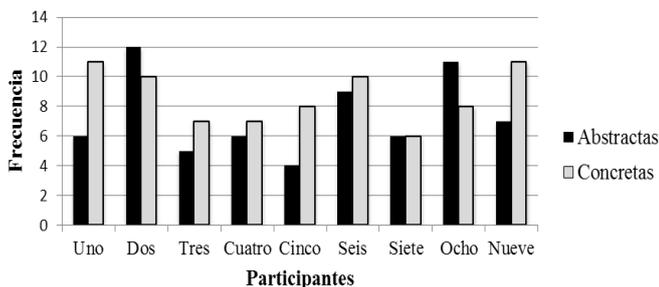
amplitudes de las derivaciones Fz y Cz correspondientes a las palabras abstractas y concretas en latencias entre 300 y 900 ms.

3. RESULTADOS

En la tarea de fluidez verbal, los participantes dijeron en promedio 33 palabras al minuto y 27 palabras a los dos minutos. Las mujeres dijeron 34 palabras al minuto y 32 a los dos minutos, mientras que los hombres dijeron 29 palabras al minuto y 32 palabras a los dos minutos.

La tarea de definiciones la lograron completar 9 de los 12 participantes, sin embargo, a pesar de eso los incluimos en la muestra que integramos para la prueba electrofisiológica, pues nos dimos cuenta que finalmente, todos los participantes tenían dificultades para definir las palabras abstractas. En 16 palabras de las 26 utilizadas se observaron definiciones de tipo categorial, de las cuales 44% correspondieron a las palabras abstractas y 56% a las concretas. Es decir, como lo acabamos de mencionar, las palabras abstractas resultaron difíciles de definir para todos los participantes. La palabra “etéreo” correspondiente a la categoría abstracta, no la lograron definir seis participantes, mientras que la palabra “flor” en la categoría de las palabras concretas, no la pudieron definir ocho participantes (Figura 2).

Figura 2. Distribución de palabras abstractas y concretas con definiciones categoriales.



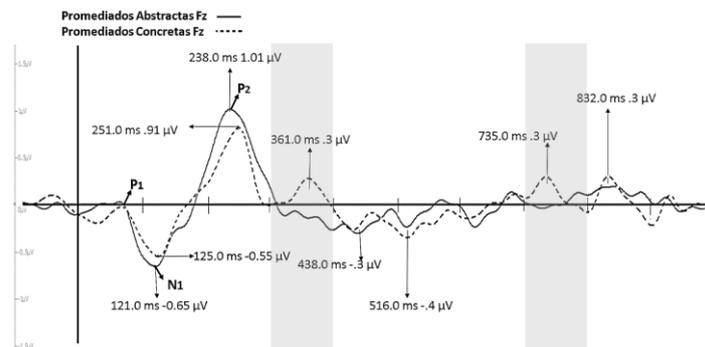
En los PRE registrados tanto para las palabras abstractas como para las concretas se observó el complejo P1-N1-P2 (Matas, Bicalho, Carrico, Aparecida & Leite, 2015). En las palabras concretas apareció un pico a los 361 ms correspondiente a P3b. Ante las palabras abstractas y a partir de los 300 ms se presentó una negatividad que con altibajos fue aumentando progresivamente y que terminó alrededor de los 400 ms.

Al comparar las latencias de los potenciales ante las palabras abstractas y concretas en Fz se observaron diferencias significativas en el rango de 300 a 400 ms ($Z=28.0$, $p=0.026$), donde la latencia promedio fue mayor en las palabras concretas con 307.83 ms y de 273.33 ms para las palabras abstractas. También se encontraron diferencias en las latencias de 700 a 800 ms ($Z= -25.500$, $p=0.044$), donde la latencia promedio fue mayor en las palabras abstractas con 777.25 ms, mientras que para las palabras concretas esa latencia fue de 749.583 ms (Figura 3).

Al comparar en Fz las amplitudes de los potenciales ante los dos tipos de palabras presentados, encontramos diferencias significativas en el rango de 300 a 400 ms ($Z=-26.500$, $p=0.035$) en donde el promedio de amplitud

registrado fue mayor para las palabras abstractas con 1.49 μ V, mientras que para las palabras concretas fue de 0.96 μ V (Figura 3).

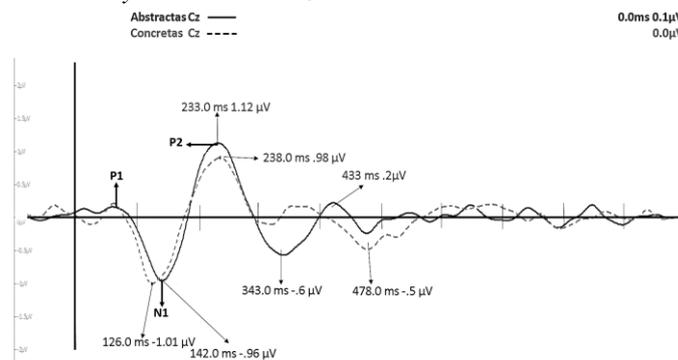
Figura 3. Promedio de latencias y amplitudes de palabras abstractas y concretas en Fz.



Nota: Se muestra el promedio de los registros de 12 casos en la derivación Fz. Las líneas sólidas corresponden a las palabras abstractas y las punteadas a las concretas. El área sombreada corresponde a las latencias con valores significativos de $p < 0.05$. Se señalan las latencias y amplitudes de los picos y valles que sobresalen.

En Cz no se encontraron diferencias significativas en latencias y amplitudes de los potenciales (Figura 4).

Figura 4. Promedio de latencias y amplitudes de palabras abstractas y concretas en Cz.

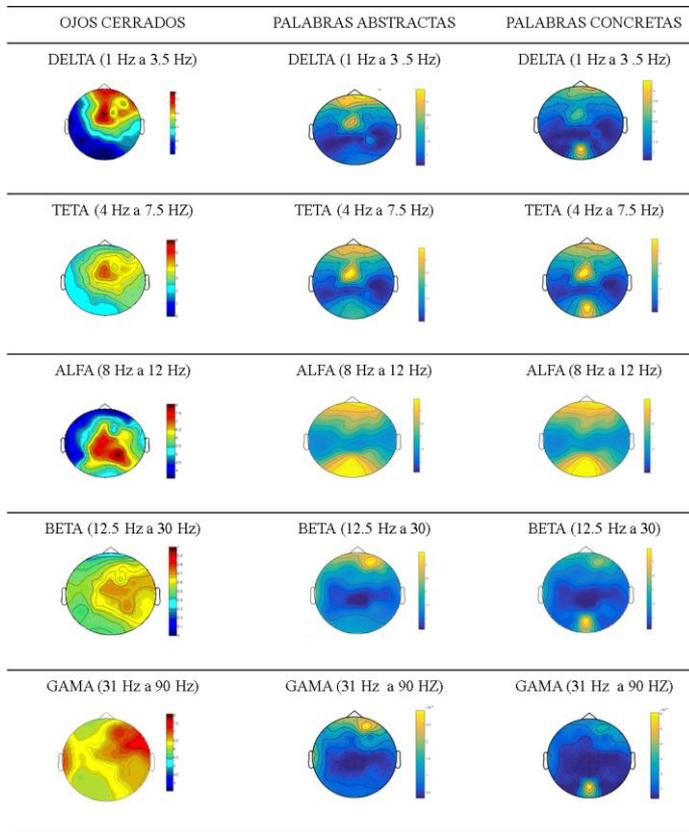


Nota: Se muestra el promedio de los registros de 12 casos en la derivación Cz. Las líneas sólidas corresponden a las palabras abstractas y las punteadas a las palabras concretas. Se señalan las latencias y amplitudes de los picos y valles que sobresalen.

En los mapas de potencia absoluta en la condición de ojos cerrados sin estimulación se observó una distribución en la que alfa se encuentra más acentuada en zonas posteriores, en tanto que beta se localizó en las zonas fronto centrales con lateralización hacia el hemisferio derecho. En los mapas correspondientes a las palabras abstractas se observó delta en las áreas fronto polares, mientras que las frecuencias de la banda alfa abarcaron bilateralmente las regiones parieto occipitales. Beta y gama se ubicaron en las regiones anteriores con una orientación dirigida hacia el hemisferio derecho. Esa localización se distinguió de la actividad generada en el curso de la presentación de las palabras concretas en las que beta y gama se localizaron en las regiones centrales posteriores. La actividad delta igualmente permitió diferenciar la actividad que se produjo ante las palabras abstractas y concretas, pues

en las primeras quedó situada bilateralmente en las zonas centrales y en las segundas se observó en las regiones centro occipitales (Figura 5).

Figura 5. Mapas de potencia absoluta de las bandas delta, teta, alfa, beta y gama ante ojos cerrados sin estimulación y ante palabras abstractas y concretas.



4. DISCUSIÓN

De acuerdo a nuestros esquemas teóricos las palabras cumplen su función comunicativa en virtud de los estados más o menos parecidos que provocan tanto en el hablante como en el oyente. Esos estados vienen a constituir el significado de las palabras y están compuestos por un conjunto de actividades cerebrales generadas por la audición de los vocablos que conforman el corpus lexical de un determinado idioma, o por la visión de los caracteres gráficos que en la palabra escrita representan los patrones fónicos de la palabra hablada. Tales estados cerebrales están integrados por cuatro tipos de reacciones fisiológicas a saber:

- Las respuestas sensoriales que corresponden a los estímulos a los que cada palabra hace referencia.
- Las reacciones en el sistema nervioso autónomo que constituyen las emociones provocadas por los estímulos referidos que no son otra cosa que respuestas de aceptación o de rechazo de dichos estímulos.
- Los actos motores con los que los seres humanos responden a los estímulos a los que cada palabra hace alusión.
- La serie de otras palabras que en la estructura del lenguaje sirven para proporcionar definiciones verbales de los estímulos que son designados.

En los esquemas que nosotros utilizamos una palabra (RV) adquiere su significado por el conjunto de respuestas

sensoriales (Rs), emocionales (RA), motoras (RM) y verbales (RV) que integran el estado fisiológico que en el curso del aprendizaje del habla natal se ha conformado. La comunicación se logra porque en hablante y oyente se producen estados parecidos, de ahí que exista un significado de las palabras que llamaríamos social, presente en las definiciones de los diccionarios y un sentido individual propio que corresponde a las reacciones particulares que en cada hablante u oyente origina una palabra.

Los estados que los significados de cada palabra provocan, son susceptibles, en principio, de reconocerse según las zonas cerebrales que activan. La neurología clásica descubrió lo anterior en los trastornos afásicos al encontrar que el lenguaje hablado o sea el conjunto de actos motores con los que se produce cada palabra tienen su asiento en las regiones frontales del cerebro. Eso se ha hecho cada vez más explícito tanto en la clínica como en la investigación fisiológica porque se pierden verbos y preposiciones que son referencias a actos motores, cuando ocurren lesiones de las zonas anteriores del cerebro. La comprensión del lenguaje, la relación existente entre las palabras y los estímulos a los que se hace referencia, se hace clara en los trastornos anómicos de la afasia sensorial o en los verbos que se conservan cuando no hacen referencia a actos realizados por el propio hablante, sino a actos vistos, captados sensorialmente en el medio ambiente.

Los registros de la actividad electrofisiológica en el cerebro nos pueden hacer luz, entonces, sobre ese conjunto de reacciones provocadas por las palabras. En este trabajo exploratorio lo pudimos ver tanto con los PRE como con los ritmos electroencefalográficos.

Los PRE nos sirvieron para ver el proceso de desarrollo de la constitución del significado de las palabras, pues al menos tres tipos de actividades cerebrales se hicieron evidentes en los registros. La primera de esas actividades se manifestó con la aparición del complejo P1-N1-P2 ligado a los procesos de atención o sea a la captación auditiva de las palabras que empleamos como estímulo en las que las palabras abstractas originaron mayores amplitudes, lo cual, de alguna manera hizo ver la dificultad que implican para su discriminación. Eso mismo se hizo evidente en la segunda de esas actividades electrofisiológicas que igualmente dio pie a distinguir las palabras concretas de las abstractas, pues en la región FZ pudimos observar entre los 300 y 400 ms una diferencia significativa entre ambas palabras. Para las concretas la latencia en la onda P300 fue de 307.83 ms mientras que para las palabras abstractas esa onda se dio en forma más temprana a los 273,33 ms, quizá porque finalmente las palabras abstractas son menos comunes que las concretas y debe recordarse que el P300 atiende a los aspectos de frecuencia de aparición de los estímulos, siendo evocada ante los estímulos infrecuentes. Por otro lado, la amplitud de los PRE diferenció también dichas palabras ya que las palabras abstractas generaron una onda a 1.49 microvoltios, cuya amplitud fue mayor a la de 0.96 microvoltios producida por las palabras concretas, lo que resultó estadísticamente significativo. Estos dos potenciales distintos, señalaron que se presentaban más dificultades en la categorización de los estímulos de carácter abstracto recibidos.

Hacia los 700 y 800 ms se dice que ocurre el proceso de categorización final cuando se adquiere el significado de las palabras y precisamente, en esa temporalidad, vimos como para las palabras concretas la latencia promedio fue más

temprana dado que apareció a los 749 ms mientras que para las abstractas se presentó a los 777 ms, manifestándose de esa manera el mayor número de operaciones necesarias para comprender las palabras abstractas.

Los resultados hacen ver que las palabras concretas, cuyos componentes sensoriales son los que constituyen su núcleo principal, son comprendidas antes, en el momento de llegada de los estímulos verbales a las cortezas de recepción e integración sensorial. El componente motor propio de las palabras abstractas implicado en sus definiciones verbales, en virtud de que esas palabras están, por así decirlo, vacías de componentes sensoriales, requiere un mayor número de operaciones y por ende un tiempo mayor para asegurar su comprensibilidad.

Los mapas de la actividad cortical corroboraron lo antes dicho con la localización de los procesos, que por tener una carga sensorial o motora diferente, activan en un caso, el de las palabras abstractas, las regiones motoras del cerebro y en el otro, el de las palabras concretas, a las áreas sensoriales posteriores. De ese modo, las actividades excitatorias representadas por las frecuencias beta y gama dieron cuenta de la activación anterior para las palabras abstractas, cuya presentación auditiva originó focos en las zonas fronto polares con una orientación dirigida hacia el hemisferio derecho. Esto último parecería estar en contradicción con los saberes de la psicofisiología y la neurología que plantean como responsable de los procesos lingüísticos al hemisferio izquierdo, lo cual, múltiples veces se ha confirmado porque las lesiones del hemisferio izquierdo, su estimulación eléctrica o su inhibición por anestesia unilateral, dan lugar a la pérdida del lenguaje. Sin embargo, nos atreveríamos a dar una posible explicación que necesitaría ser conformada por estudios posteriores. La orientación hacia el hemisferio derecho en el caso de las palabras abstractas es posible se deba al estado emocional de los sujetos, quienes ante las palabras abstractas se vieron confrontados con ciertas dificultades para definirlos.

Por lo que respecta a las palabras abstractas, una actividad importante que no está presente en las palabras concretas pudo verse en las zonas anteriores del cerebro, en donde predominó la actividad delta en ambos hemisferios, lo que muestra la necesidad existente para comprender el significado de las palabras y el requerimiento de que a los procesos excitatorios se les ponga un límite, a fin de mejor circunscribir el significado de las palabras.

En cuanto a las palabras concretas, en los mapas cerebrales vimos un polo muy claro en la parte posterior del cerebro en las zonas occipitales, lo cual habla de su alta carga sensorial.

Finalmente, en este estudio exploratorio tuvimos la oportunidad de hacer correcciones en nuestro diseño metodológico y a la vez nos dimos cuenta de que en general los procedimientos que seguimos, permiten resolver algunos de los problemas existentes en la investigación sobre los procesos lingüísticos, particularmente en los estudios sobre potenciales evocados. Primero, nos percatamos que la prueba de fluidez verbal nos permite elegir adecuadamente las palabras más frecuentes en el léxico de los sujetos, mientras que la prueba de definición de palabras necesita para calificarla tomar en cuenta otros factores. Nosotros calificamos como categoriales la mayor parte de las respuestas de nuestros sujetos sobre la base que utilizaban un hiperónimo en sus definiciones, Por ejemplo, para definir “barco” o

“avión” utilizaban el hiperónimo “vehículo” o “medio de transporte”. Para las definiciones de palabras como “gato” o “caballo” empleaban el hiperónimo animal. Empero descubrimos que en realidad, esos usos no implicaban operaciones reales de conceptualización, sino eran una etiqueta agregada asociativamente a las palabras que intentaban definir, pues comprobamos que más bien la mayor parte de los sujetos lograron definiciones supuestamente categoriales para las palabras concretas, pero no para las palabras abstractas que les acarrearón muchas dificultades, de ahí que eso también lo viéramos en los potenciales evocados, tanto en los primeros componentes como en los de latencia más tardía. Suponemos que los PRE quizá podrían habernos dado, en sus componentes, una diferenciación más clara de las palabras abstractas y concretas si los sujetos hubieran tenido un pensamiento más abstracto. En las definiciones categoriales observamos que se dieron en mayor número para las palabras concretas y fueron menores para las palabras abstractas.

Quedan pues pendientes, para tener mayor información sobre los procesos lingüísticos mediante la técnica de los potenciales relacionados a eventos y los mapas de la actividad eléctrica cerebral, una serie de trabajos confirmatorios de estos resultados preliminares que ahora presentamos, así como los que serán necesarios para descubrir los componentes cerebrales de los diferentes tipos de palabras referenciales, emotivo-expresivas, conativas y fáticas.

5. REFERENCIAS

- Alcaraz, V., Díaz de León, A., Meraz, P. & Guevara, M. (1994). Palabras función y actividad cerebral. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 1 (2b), 349-366.
- Alcaraz, V., Díaz de León, A., García, R. & Guevara, M. (1992). La dinámica de la actividad eléctrica cerebral en el curso de la composición de frases. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 1 (1), 104-116.
- Alcaraz, V., Martínez-Casas, R., Gómez, A. & de la Mora, C. (2003). Algunos correlatos electrofisiológicos de los problemas de lenguaje en la niñez. En Matute, E. (Coord) *Cerebro y lectura* (pp. 139-171). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Alcaraz, V. & Martínez-Casas, R. (1994). Algunos elementos para la formulación de una teoría del lenguaje. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2 (1), 57-104.
- Asociación Médica Mundial, Declaración de Helsinki. (2013). 64ª Asamblea General. Recuperado de <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-investigacion/fd-evaluacion/fd-evaluacion-etica-investigacion/Declaracion-Helsinki-2013-Esp.pdf>
- Azcoaga, J. (1984). Clasificación binaria de los fonemas del Río de la Plata. *Revista Fonoaudiológica*, 30 (3), 189-193.
- Azcoaga, J. (1985). *Neurolingüística y fisiopatología (Afasiología)*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Blank, I. & Fedorenko, E. (2016). Language – selective brain regions track linguistic input more closely than domain – general regions. *bioRxiv*: <http://dx.doi.org/10.1101/076240>.
- Broca, P. (1863). Localization des fonctions cérébrale: siege du langage articulé. *Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 200-204.
- Bühler, K. (1933). Die Axiomatik der Sprachwissenschaften. *Kant-Studien*, (38) 19-90.
- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. NY, Oxford: University Press.
- Cano, G., Granados, D. & Alcaraz, V. (2014). Eye movement recordings during reading tasks in children with mixed dyslexia. *International Journal of Arts and Commerce*, 3 (5), 63-74.
- Caramazza, A. (1990). *Cognitive neuropsychology and neurolinguistic: Advances in models of cognitive function and impairment*. Nueva York: Academic Press.
- Damasio, A. (1990). Category-related recognition defects as a clue to the neural substrates of knowledge. *Trends in Neurosciences*, 13 (3), 95-98.
- Damasio, A. & Tranel, D. (1993). Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 11 (90), 4957-4960.
- Haiwh, J. (2009). *Computed tomography: Principles, design, artifacts and recent advances*. USA: Wiley Interscience.
- Jakobson, R. (1963). *Linguistique et poétique. En Essais de linguistique générale*. Paris: Editions de Minuit.
- Jakobson, R. (1976). *Nuevos ensayos de lingüística general*. México: Siglo XXI.
- Luck, S. & Kappenman, E. (2011). *The Oxford handbook of event-related potential components*. USA: Oxford University Press.
- Luria, A. (1977). *Las funciones corticales superiores del hombre*. La Habana: Editorial Orbe.
- Malinowski, B. (1937). The dilemma of contemporary linguistics. Review of Infant Speech: A Study of the Beginnings of Language, by M.M. Lewis. *Nature*, July 31: 172-173. doi:10.1038/140172a0
- Matas, C., Bicalho, F., Carrico, B., Aparecida, R. & Leite, F. (2015). Long – latency auditory evoked potentials in sound field in normal – hearing children. *FAPESP*, 20 (4), 305 – 12.
- Mesulam, M., Thompson, C. & Rogalski, E. (2015). The Wernicke conundrum and the anatomy of language comprehension in primary. *Brain Advance Access published*, 138 (8): 2423-2437 doi:10.1093/brain/awv154
- Niedermeyer, E. & Lopes da Silva, F. (1999). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Philadelphia, Baltimore: Williams y Wilkins.
- Schomer, D. & Lopes da Silva F. (2005). *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Philadelphia: Lippincott Williams y Wilkins.
- Oostenfeld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J. (2011). FieldTrip: Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological Data. *Research Article*. doi:10.1155/2011/156869
- Pelayo, H., Granados, D. & Alcaraz, V. (2012). Características de la evocación lexical libre en una población mexicana adulta. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 4(4), 42-46.
- Penfield, W. (1958). Some mechanisms of consciousness discovered during electrical stimulation of the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 44 (2), 51-66.
- Petersen, S., et. al (1989). Positron emission topographic studies of the cortical anatomy of single - word procesing. *Nature*. 331, 585-589.
- Schacht, A., Sommer, W., Shmuilovich, O., Casado, P. & Martín-Loeches, M. (2014). Differential Task Effects on N400 and P600 Elicited by Semantic and Syntactic Violations. *PLOS one*, 9 (3): doi:10.1371/journal.pone.0091226
- Warrington, E. & McCarthy, R. (1987). Categories of knowledge, further fractionation and a attempted integration. *Brain*. 110, 1273-1296.
- Wager, D., & Lindquist, M. (2015). *Principles of fMRI*. Learn Publishing.
- Whitaker, H. (1998). Neurolinguistics from the Middle Ages to the Pre-Modern era: Historical vignettes. In B. Stemmer & H. Whitaker (Eds.): (pp. 27-54). *Handbook of Neurolinguistics*. New York: Academic Press.
- Yudes, C., Domínguez, A., Cuetos, F. & de Vega, M. (2016). The time – course of processing of gramatical class and semantic atributes of words: Dissociation by means of ERP. *Revista Psicológica*, 37, 105-126.

ANEXO 1

SECUENCIA DE PRESENTACIÓN SEMIALETORIZADA DE PALABRAS CONCRETAS Y ABSTRACTAS

| | | | |
|-------------|-------------|--------------|--------------|
| SECUENCIA 1 | 7. árbol | | 6. número |
| 1. etéreo | 8. pájaro | SECUENCIA 8 | 7. tiempo |
| 2. color | 9. cielo | 1. caballo | 8. bello |
| 3. número | 10. gato | 2. avión | 9. alma |
| 4. dios | 11. verde | 3. calle | 10. símbolo |
| 5. idea | 12. mar | 4. cama | 11. razón |
| 6. estado | 13. flor | 5. verde | 12. paz |
| 7. paz | | 6. cielo | 13. dios |
| 8. tiempo | SECUENCIA 5 | 7. mar | |
| 9. idioma | 1. idioma | 8. gato | SECUENCIA 12 |
| 10. símbolo | 2. idea | 9. flor | 1. gato |
| 11. bello | 3. símbolo | 10. árbol | 2. calle |
| 12. alma | 4. paz | 11. barco | 3. avión |
| 13. razón | 5. número | 12. río | 4. verde |
| | 6. razón | 13. pájaro | 5. cama |
| SECUENCIA 2 | 7. etéreo | | 6. cielo |
| 1. verde | 8. color | SECUENCIA 9 | 7. mar |
| 2. avión | 9. alma | 1. símbolo | 8. pájaro |
| 3. cielo | 10. bello | 2. paz | 9. flor |
| 4. río | 11. dios | 3. color | 10. árbol |
| 5. calle | 12. tiempo | 4. razón | 11. caballo |
| 6. barco | 13. estado | 5. número | 12. barco |
| 7. gato | | 6. etéreo | 13. río |
| 8. caballo | SECUENCIA 6 | 7. idioma | |
| 9. pájaro | 1. caballo | 8. dios | SECUENCIA 13 |
| 10. mar | 2. calle | 9. estado | 1. alma |
| 11. árbol | 3. barco | 10. alma | 2. tiempo |
| 12. cama | 4. gato | 11. idea | 3. color |
| 13. flor | 5. río | 12. bello | 4. etéreo |
| | 6. árbol | 13. tiempo | 5. razón |
| SECUENCIA 3 | 7. mar | | 6. idioma |
| 1. estado | 8. cama | SECUENCIA 10 | 7. bello |
| 2. etéreo | 9. cielo | 1. flor | 8. número |
| 3. tiempo | 10. pájaro | 2. cielo | 9. símbolo |
| 4. símbolo | 11. flor | 3. cama | 10. paz |
| 5. paz | 12. avión | 4. verde | 11. estado |
| 6. alma | 13. verde | 5. río | 12. idea |
| 7. número | | 6. mar | 13. dios |
| 8. bello | SECUENCIA 7 | 7. avión | |
| 9. color | 1. símbolo | 8. caballo | SECUENCIA 14 |
| 10. razón | 2. dios | 9. pájaro | 1. pájaro |
| 11. idioma | 3. idioma | 10. gato | 2. calle |
| 12. dios | 4. paz | 11. calle | 3. verde |
| 13. idea | 5. color | 12. árbol | 4. cielo |
| | 6. razón | 13. barco | 5. gato |
| SECUENCIA 4 | 7. tiempo | | 6. avión |
| 1. avión | 8. alma | SECUENCIA 11 | 7. mar |
| 2. caballo | 9. idea | 1. color | 8. caballo |
| 3. calle | 10. estado | 2. etéreo | 9. flor |
| 4. río | 11. número | 3. idioma | 10. árbol |
| 5. barco | 12. etéreo | 4. estado | 11. barco |
| 6. cama | 13. bello | 5. idea | 12. cama |

NEUROFISIOLOGÍA Y ABSTRACCIÓN LINGÜÍSTICA

13. río

SECUENCIA 15

1. color
2. bello
3. número
4. estado
5. paz
6. idioma
7. etéreo
8. símbolo
9. dios
10. idea
11. razón
12. tiempo
13. alma

SECUENCIA 16

1. caballo
2. árbol
3. calle
4. pájaro
5. avión
6. gato
7. río
8. barco
9. flor
10. verde
11. cielo
12. mar
13. cama

SECUENCIA 17

1. tiempo
2. número
3. dios
4. estado
5. etéreo
6. color
7. paz
8. símbolo
9. idioma
10. idea
11. alma
12. bello
13. razón

SECUENCIA 18

1. flor
2. barco
3. verde
4. río
5. mar
6. avión
7. caballo
8. gato

9. cielo
10. pájaro
11. cama
12. árbol
13. calle

SECUENCIA 19

1. etéreo
2. idea
3. paz
4. símbolo
5. color
6. razón
7. idioma
8. estado
9. tiempo
10. bello
11. alma
12. número
13. dios

SECUENCIA 20

1. río
2. cielo
3. caballo
4. cama
5. árbol
6. avión
7. flor
8. mar
9. verde
10. gato
11. barco
12. calle
13. pájaro

SECUENCIA 21

1. idioma
2. número
3. estado
4. color
5. dios
6. razón
7. etéreo
8. tiempo
9. alma
10. idea
11. paz
12. bello
13. símbolo

SECUENCIA 22

1. verde
2. cama
3. cielo
4. flor

5. avión
6. gato
7. río
8. árbol
9. mar
10. caballo
11. barco
12. calle
13. pájaro

SECUENCIA 23

1. idioma
2. paz
3. dios
4. alma
5. estado
6. etéreo
7. razón
8. color
9. bello
10. número
11. símbolo
12. idea
13. tiempo

SECUENCIA 24

1. cielo
2. avión
3. cama
4. calle
5. verde
6. pájaro
7. caballo
8. mar
9. flor
10. río
11. barco
12. árbol
13. gato

SECUENCIA 25

1. tiempo
2. idioma
3. número
4. etéreo
5. dios
6. paz
7. razón
8. símbolo
9. idea
10. color
11. alma
12. estado
13. bello

SECUENCIA 26

1. cielo
2. verde
3. cama
4. río
5. pájaro
6. árbol
7. mar
8. caballo
9. calle
10. barco
11. gato
12. flor
13. avión

SECUENCIA 27

1. alma
2. color
3. estado
4. número
5. tiempo
6. paz
7. símbolo
8. idea
9. etéreo
10. dios
11. bello
12. idioma
13. razón

SECUENCIA 28

1. flor
2. caballo
3. mar
4. cielo
5. árbol
6. pájaro
7. avión
8. gato
9. calle
10. cama
11. barco
12. río
13. verde

SECUENCIA 29

1. paz
2. color
3. etéreo
4. número
5. bello
6. alma
7. símbolo
8. tiempo
9. razón
10. idioma
11. estado

12. dios
13. idea

SECUENCIA 30

1. barco
2. avión
3. pájaro
4. río
5. gato
6. cama
7. caballo
8. árbol
9. mar
10. cielo
11. verde
12. flor
13. calle

NEUROFISIOLOGÍA Y ABSTRACCIÓN LINGÜÍSTICA

ANEXO 2

Duración de las palabras

| Palabras concretas | Duración (segundos) | Palabras abstractas | Duración (segundos) |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Etéreo | 0.87 | Verde | 0.80 |
| Color | 0.68 | Avión | 0.74 |
| Número | 0.71 | Cielo | 0.76 |
| Dios | 0.84 | Río | 0.71 |
| Idea | 0.78 | Calle | 0.65 |
| Estado | 0.83 | Barco | 0.63 |
| Paz | 0.75 | Gato | 0.73 |
| Tiempo | 0.78 | Caballo | 0.76 |
| Idioma | 0.79 | Pájaro | 0.78 |
| Símbolo | 0.78 | Mar | 0.56 |
| Bello | 0.63 | Árbol | 0.67 |
| Alma | 0.50 | Cama | 0.44 |
| Razón | 0.73 | Flor | 0.64 |

* La estimulación auditiva fue presentada de forma binaural mediante audífonos TDH-39 a una intensidad de 90 dB.