

PROCESAMIENTO LÉXICO-SEMÁNTICO EN UN GRUPO DE SUJETOS SANOS: ESTUDIO CON POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS

Ma. Esther Balderas C.*, Gabriela Galindo y Villa M.***, Josefina Ricardo Garcell*, Gerhard Heinze M.***

SUMMARY

Introduction: An insight into the meaning of words is one of the central processes of semantic memory. To evaluate the access to the cognitive representation of the meaning of words, in the present study we used the lexical decision paradigm developed by Marcos. In this situation, the subject has to recognize if the presented stimulus corresponds to a word or a pseudo-word with the purpose of building a model of normal processing. Once such a model of normal processing is obtained, the findings can be contrasted with pathologies in which semantic memory is altered.

Method: The sample consisted of 32 healthy subjects (7 men, 25 women), right-handed and with no personal or familial history of neurological or psychiatric conditions. The average age of the subjects was 34.4 (\pm 9.56) years and they had an average educational level of 16.2 (\pm 4.4) years.

The lexical decision paradigm employed in this study is constituted by 408 stimuli, 240 words and 168 pseudo-words. The criteria for word selection were: frequency, length, grammatical category and morphology.

Electroencephalogram (EEG) monopolar recording was obtained from 19 derivations (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz and Pz), as well as event-related potentials (ERPs) for the word and pseudo-word sub-states.

Results: In the first place, a chi-squared analysis was performed to establish whether significative differences existed between the rates of correct and incorrect answers for both sub-states. The value of chi-squared was 65.7 (gl=1) and significant for $p < 0.0001$.

A correlation value of 0.43 ($p < 0.02$) was found when the educational level and the percentage of correct answers in the sub-state word were compared. On the other hand, for the pseudo-word sub-state, the value 0.24 was encountered for the same correlation, being statistically non-significant.

Pearson's correlation coefficient was also calculated for the educational level variable compared to the mistakes committed when subjects were presented with frequent and infrequent words.

In the case of infrequent words, a value of $r = -0.43$ ($p < 0.02$) was obtained when the educational level and the number of mistakes were correlated. No correlation was found when the educational level and the number of mistakes committed for frequent words were compared ($r = -0.06$).

A multivariate variance analysis for repeated measures was performed to determine significant differences between the reaction times when recognizing words or pseudo-words. The outcome showed that all effects were significant in the following cases: reaction times for words and pseudo-words, notwithstanding whether they were correct or incorrect; comparison between correct and incorrect answers, independently of their being words or pseudo-words, as well as the interactions between both effects.

To determine differences between average ERPs for both sub-states, Student's T-test was applied with Bonferroni's correction and $p < 0.0002$ as the significance level. Significant differences were encountered between the two sub-states, independently of the age or gender.

In the 375-495 ms latency interval, a negative component was appreciated in the pseudo-words case, showing significant differences ($p < 0.0002$) in the following derivations: F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T5, T6, Fz, Cz and Pz. Amplitude differences between the two sub-states were more evident in Pz and P3 derivations followed by Cz.

In addition, a positive component in the 700-795 ms latency interval was detected (mainly in 795 ms) when pseudo-words were presented. Here, the significant differences ($p < 0.0002$) were manifest in the following derivations: F3, C3, P3, F7, T3, T5 and Pz. Amplitude differences between the two sub-states were mainly patent in Pz and P3 followed by C3.

Discussion: When analyzing behavioral aspects, subjects made more mistakes when presented with words. However, individuals with less education were the ones committing more mistakes. From this we can infer that this variable may be associated with the range of lexical repertoire.

* Adscritas a la Unidad de Neuropsicología. Dirección de Servicios Clínicos. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. Calz. México-Xochimilco 101, San Lorenzo Huipulco, 14370, México, D. F.

** Directora del Centro de Neurorehabilitación Angeles. Circuito empresarial no. 8 Col. Centro Urbano San Fernando, La Herradura, 52760, Huixquilucan, Edo. de México.

*** Director General del Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. Calz. México-Xochimilco 101, San Lorenzo Huipulco, 14370, México, D. F.

Recibido: 13 de febrero de 2006. Aceptado: 6 de marzo de 2006.

A relation was encountered between educational level and word recognition. With regard to reaction times, significant differences were detected between both sub-states, since the recognition of both words and correct answers was achieved in shorter reaction times.

Average reaction times for words and pseudo-words were 819.73 ms and 999.35 ms, respectively. Similarly, the latest potential component appeared in an interval of significant differences between 600 and 940 ms, though with a significance $p < 0.0005$ between 690 and 805 ms. This means that positiveness occurred much sooner than the response, implying that the activity underlying ERPs is related to a cognitive processing of information due to the paradigm used.

The analysis of ERPs primary components for both sub-states shows that significant differences arise until 270 ms.

The negative component in this study was present between 270 and 580 ms, rendering it similar to N400 given its latency (around 400 ms). Although well-defined in centro-parietal regions, its distribution was generalized, which corresponds to the results of studies using the semantic incongruence paradigm.

According to the data from previous research on ERPs, N400 has been associated with the integration process. If this were the case, this association would be equivalent to the semantic incongruence within a lexical integration process described in conventional literature as a "semantic facilitator", only that this time it would be limited to the process of access to the lexicon, which can be interpreted as a discrimination of the answer by assigning a meaning to a word, that is, to process information in the semantic module.

This negative component may be related to the generalized response to brain activity when given a meaningless stimulus, i.e., a pseudo-word. Similarly, the wave amplitude may be related to the amount of activation necessary to gain access to the semantic representation of the stimulus in the memory.

With regard to the positive component in this study, it is present between 600 and 940 ms and is interpreted as a late P300 (P3b), which has a latency in the 500-1400 ms interval. It is distributed over the centro-parietal region, making it a liable participant in the task categorization process, in which it is necessary to discriminate between the target from the non-target stimulus, and also reflects focalized attentional processes (voluntary) involved in the execution of the task.

From the former, it is believed that this component may be related to attentional resources necessary to process the presentation of pseudo-words.

Research dealing with the P600 component locate it within the context of statements and associate it with an anomaly in statement syntax. Therefore, even though the positive component lies within the P600 latency domain, this particular component was not considered as being present in this study, because a syntax incongruence paradigm was not used.

Finally, the contribution of the present study lies in the finding of N400 and "P600" components, which have been reported when the "semantic facilitator" and the syntax incongruence paradigm were respectively used, but had not been observed when a lexical decision paradigm based on word recognition *per se* was utilized. Similarly, given that our results stem from a sample of healthy subjects, a comparison can be made with a patient population with semantic memory alterations.

Key words: Semantic memory, lexical decision, event-related potentials.

RESUMEN

Introducción: El conocimiento del significado de las palabras es uno de los procesos centrales de la memoria semántica. Para evaluar el acceso a la representación cognoscitiva del significado de las palabras, en el presente estudio se utilizó el paradigma de decisión léxica desarrollado por Marcos, donde el sujeto debe reconocer si el estímulo presentado corresponde a una palabra o a una pseudopalabra. Lo anterior se hizo con el propósito de contar con un modelo de procesamiento normal que sirviera para contrastar los hallazgos con patologías en que se encuentra alterada la memoria semántica.

Método: La muestra estudiada estuvo conformada por 32 sujetos sanos (7 hombres y 25 mujeres), diestros y sin antecedentes personales o familiares de padecimientos neurológicos o psiquiátricos. La edad promedio fue de 34.4 (± 9.56) años y el promedio de escolaridad fue de 16.2 (± 4.4) años.

El paradigma de decisión léxica empleado está constituido por 408 estímulos: 240 palabras y 168 pseudopalabras. Los criterios para seleccionar las palabras fueron frecuencia, longitud, categoría gramatical y morfología.

Se obtuvo el registro monopolar del electroencefalograma (EEG) a partir de 19 derivaciones (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz y Pz) y los potenciales relacionados a eventos (PREs) para los subestados: palabra y pseudopalabra.

Resultados: Los datos conductuales indicaron que la escolaridad guarda relación con el reconocimiento de las palabras y que éstas se reconocen más rápido que las pseudopalabras.

Para determinar las diferencias entre los PREs promedios de ambos subestados, se aplicó la prueba t de Student con la corrección de Bonferroni, con un nivel de significancia de $p < 0.0002$. Se observaron diferencias significativas entre los dos subestados y este resultado no se vio afectado por la edad ni por el sexo de los sujetos.

En el intervalo de entre 375 y 495 ms de latencia se aprecia un componente negativo ante la presencia de las pseudopalabras, que muestra diferencias significativas en las derivaciones F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T5, T6, Fz, Cz y Pz. Las diferencias de amplitud entre los dos subestados fueron más evidentes en las derivaciones Pz y P3, seguidas por Cz.

También se observó un componente positivo en el intervalo de entre 700 y 795 ms de latencia ante la presencia de las pseudopalabras, donde las diferencias significativas se aprecian en las derivaciones F3, C3, P3, F7, T3, T5 y Pz. Las diferencias de amplitud entre los dos subestados fueron más evidentes en las derivaciones Pz y P3, seguidas por C3.

Discusión: Al analizar los aspectos conductuales, se observó que los sujetos cometieron más errores en el caso de las palabras. Sin embargo, se equivocaron más los de menor escolaridad, de lo que se infiere que esta variable se puede relacionar con la extensión del repertorio léxico. Asimismo, se encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción, ya que las palabras y las respuestas correctas propician tiempos de reacción más cortos.

Por otro lado, debido a que tanto el componente negativo como el positivo aparecieron mucho antes que la respuesta, se considera que la actividad obtenida por los PREs se relaciona con el procesamiento cognoscitivo de la información frente al paradigma utilizado.

De acuerdo con los datos de investigaciones previas, el componente negativo parece estar relacionado con la respuesta generalizada de la actividad cerebral ante un estímulo carente de significa-

do, es decir, de la pseudopalabra. Asimismo, parece que la amplitud de la onda se relaciona con la cantidad de activación necesaria para acceder a la representación semántica del estímulo en la memoria.

Con respecto al componente positivo en esta investigación, éste puede relacionarse con los recursos atencionales necesarios para procesar la aparición de las pseudopalabras, por lo que se interpreta como una P300 tardía (P3b).

Palabras clave: Memoria semántica, decisión léxica, potenciales relacionados a eventos.

INTRODUCCIÓN

Los modelos de reconocimiento de palabras asumen una división general entre el acceso al léxico y el proceso de integración léxica. El primero puede ser descrito como un proceso automático y el segundo, como uno controlado. El acceso al léxico implica el proceso de analizar una forma de representación en su correspondiente entrada al diccionario mental. El procesamiento resulta de la activación de un subgrupo de elementos léxicos junto con sus atributos semánticos y sintácticos. La integración se refiere al proceso de incorporar específicamente un elemento léxico a una representación de significado de alto orden de la oración completa o del discurso (24).

Tal como la psicolingüística y la neurolingüística caracterizan el procesamiento léxico, sus funciones se limitan a identificar las palabras y a asociarlas con su significado. Los procesos léxicos se desarrollan con autonomía, sin que los guíen o supervisen los sintácticos (12), hecho que coincide con las características de la organización modular de la actividad cognoscitiva que propone Fodor (10). Entre éstas destaca el hecho de que los procesos cognoscitivos reciben información de los procesos de jerarquía inferior, pero sin influir en ellos.

En el modelo de reconocimiento visual de las palabras, Ellis y Young (9) señalan que el módulo de procesamiento semántico recibe la señal de los sistemas perceptuales periféricos en forma de listas de rasgos y sintetiza esta entrada para acceder al diccionario completo y después acceder, a su vez, al sistema semántico.

De acuerdo con los modelos cognoscitivos, un proceso léxico fundamental consiste en asignar significado a las palabras, proceso que se ha estudiado mediante paradigmas de decisión léxica. En una tarea de decisión léxica el sujeto debe indicar, tan rápido como le sea posible, si la secuencia estímulo de letras que se le presenta en cada ensayo corresponde o no a una palabra (24). En este contexto experimental se busca estudiar los procesos cognoscitivos de acceso al léxico de manera independiente, sin un contexto sintáctico (16).

Sin embargo, este paradigma de decisión léxica se ha usado también, de manera convencional, para evaluar el efecto del contexto o el efecto de facilitación semántica, pero mediante ensayos que constan de dos eventos. Así, primero se crea un contexto semántico por medio de la presentación de una sola palabra (el facilitador) frente a otra de la que no se solicita respuesta observable alguna. Segundo, después del facilitador se presenta una secuencia particular de letras (el blanco). De este modo se ha demostrado que las palabras precedidas por palabras relacionadas semánticamente, se reconocen más rápido y con mayor precisión que las palabras anteceditas por otras que no guardan relación con ellas (24).

Por otra parte, las medidas electrofisiológicas de los potenciales relacionados a eventos (PREs) se han convertido en herramientas promisorias para estudiar los procesos cognoscitivos subyacentes a la comprensión del lenguaje y su organización dentro del Sistema Nervioso (21). En este ámbito, hacia la década de 1980 se inició, con distintas técnicas de facilitación semántica, una amplia línea de investigación tras de que Rutas y Hillyard (15) encontraron que, cuando una oración termina con una palabra que es semánticamente inapropiada para el resto de la oración, se genera una onda negativa de gran amplitud, con una latencia pico de 400 ms. Desde entonces se ha establecido que el procesamiento de los aspectos semánticos del lenguaje se relaciona principalmente con este tipo de onda negativa, que aparece en diferentes condiciones metodológicas. Es el caso, por ejemplo, de las tareas de decisión léxica con el uso de un facilitador semántico, o bien del proceso de comprensión de oraciones dentro de un contexto determinado. Este componente no se ve afectado por las manipulaciones gramaticales, no es evocado por símbolos no lingüísticos ni por los estímulos denominados no-palabras (3, 11, 19).

En cuanto al paradigma del estímulo facilitador, se sostiene la hipótesis de que la amplitud del N400 se relaciona inversamente con el grado de expectancia semántica y vinculado directamente con el proceso de integración léxica, así como con el esfuerzo requerido para integrar las palabras a su contexto semántico (24).

Sin embargo, este enfoque metodológico no responde la pregunta relativa a los cambios de los PREs asociados con el procesamiento de la palabra *per se*; es decir, con el reconocimiento de su significado, independientemente del contexto semántico en que aparece la palabra. Marcos (16) sostiene que las investigaciones con PREs que suelen ubicar los procesos semánticos a los 400 ms no se refieren a la activación de representaciones semánticas ni a fenómenos del nivel léxico, sino a tareas semánticas más complejas. El

autor desarrolla así una investigación que se circunscribe al nivel léxico en busca de distinguir las etapas del proceso cognoscitivo que se desarrolla desde que una palabra se percibe visualmente hasta que se identifica y analiza posteriormente. Todo ello se hace con el propósito de caracterizar el sustrato neurofisiológico de estas etapas y establecer su relación con los procesos cognoscitivos definidos en términos lingüísticos.

En general, Marcos (16) concluye que los procesos de acceso al léxico, específicos de las palabras y modulados por la frecuencia de éstas, tienen lugar entre los 70 y 100 ms posteriores a la exposición a una palabra escrita. Sostiene además que sus experimentos no proporcionaron resultados que puedan asociarse claramente con procesos semánticos, sino lingüísticos.

Este estudio se llevó a cabo utilizando la tarea de decisión léxica desarrollada por Marcos (16) con el propósito de evaluar la entrada a la representación cognoscitiva del significado de las palabras a fin de contar con un modelo de procesamiento normal, para contrastarlo posteriormente con patologías que alteran el procesamiento léxico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudió un total de 32 sujetos voluntarios sanos: 7 hombres y 25 mujeres, todos diestros y sin antecedentes personales o familiares de padecimientos neurológicos o psiquiátricos. Tampoco ingerían fármacos al momento de realizar la tarea. La edad promedio fue de 34.4 (\pm 9.56) años. El promedio de escolaridad fue de 16.2 (\pm 4.4) años.

Se empleó el paradigma de decisión léxica diseñado por Marcos (16), cuyo *corpus* se compone de 408 estímulos: 240 palabras y 168 pseudopalabras (*i.e.* secuencias de grafemas que respetan las pautas fonológicas y silábicas del español). Los criterios considerados para seleccionar las palabras fueron frecuencia, longitud, categoría gramatical y morfología.

Para el registro electroencefalográfico, se utilizó un gorro con electrodos de superficie, colocados según el Sistema Internacional 10-20 (13), y así se obtuvo un registro monopolar de 19 derivaciones (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, P3, P4, C3, C4, T3, T4, T5, T6, O1, O2, Fz, Cz, Pz) mediante el Electroencefalógrafo Digital MEDICID 4. Con el propósito de monitorear los movimientos oculares, se colocaron dos electrodos adicionales. Los electrodos de referencia se colocaron cortocircuitados en los lóbulos de ambas orejas, y para el registro se usó un ancho de banda de 0.5-30 Hz y una frecuencia de muestreo de 200 Hz. La ganancia de los amplificadores fue de 20000. A partir del registro

electroencefalográfico, se obtuvieron los PREs ante la presentación de palabras y pseudopalabras.

Los sujetos permanecieron en penumbra, sentados cómodamente en el interior de una habitación sonoamortiguada y aislada eléctricamente. Los estímulos se presentaron en un monitor colocado a una distancia de 80 cm, escritos con letras minúsculas blancas sobre un fondo negro. Los sujetos que requirieron lentes los usaron durante la tarea.

Una vez presentadas las instrucciones, cada sujeto realizó un ensayo de prueba para verificar su comprensión. Dicho ensayo estuvo conformado por un bloque de 10 estímulos (cinco palabras y cinco pseudopalabras). La tarea de decisión léxica consistió en decidir si los estímulos presentados eran o no palabras pertenecientes al idioma español. A cada sujeto se le indicó que respondiera tan rápido como le fuera posible, por medio del ratón (botón izquierdo para las palabras; derecho para las pseudopalabras). Todos usaron la mano derecha.

El experimento comenzó con la pantalla vacía (fondo color negro). Antes de la aparición del estímulo escrito sobre la pantalla, se le pidió al sujeto que fijara su atención. El estímulo permaneció en la pantalla hasta que el sujeto respondía, o bien una vez transcurridos 2500 ms. Entonces se daba la indicación para que apareciera el nuevo estímulo y se repetía el mismo procedimiento. El orden de aparición de los estímulos sobre la lista (tanto del ensayo como del experimento) se asignó al azar y fue la misma presentación para todos los sujetos. Las dimensiones de las letras y la distancia a la que se colocó el monitor permitieron que los estímulos aparecieran en ángulos visuales, horizontal y vertical, inferiores a los tres grados.

Análisis de los datos

Variables conductuales: Se evaluaron el total de respuestas correctas e incorrectas, el total de respuestas y los porcentajes de las respuestas correctas e incorrectas, así como el total de no respuestas, de todos los individuos que conformaron la muestra, para cada uno de los subestados analizados (palabra y pseudopalabra). En el caso del tiempo de reacción, se calcularon la media y la desviación estándar de la muestra a partir de los promedios individuales de esta variable. De este análisis se eliminó a dos sujetos que no ofrecieron respuestas incorrectas en las pseudopalabras.

Con el propósito de conocer si existían diferencias significativas entre las proporciones de las respuestas correctas e incorrectas (calidad de la respuesta) para cada subestado, se llevó a cabo un análisis tipo chi cuadrada.

Para saber si había una relación entre la calidad de la respuesta y la escolaridad, se realizó para cada subestado

un análisis de correlación entre los niveles de escolaridad y los porcentajes de respuestas correctas individuales. Dicho porcentaje se calculó dividiendo, para cada sujeto, el número de respuestas correctas entre la suma de respuestas correctas e incorrectas; es decir, entre el total de sus respuestas.

La presencia de diferencias significativas entre los tiempos de reacción promedio de las respuestas correctas e incorrectas ante las palabras y pseudopalabras se evaluó mediante un análisis de varianza multivariado de medidas repetidas. De este análisis se excluyó también a los dos sujetos que no tuvieron errores para reconocer las pseudopalabras.

Potenciales relacionados a eventos: Para la obtención de los PREs, se promediaron sólo los segmentos correspondientes a las respuestas correctas en ambos subestados (palabra y pseudopalabra) y se excluyeron aquellos que presentaban artefactos o movimientos oculares. Los segmentos duraban 1280 ms con un tiempo de preestímulo de 100 ms.

Posteriormente, se editaron los PREs correspondientes a cada subestado. Todos los datos se corrigieron restando el valor del promedio de la ventana preestímulo. Esto se hizo con el propósito de reescalar los PREs promedio de los subestados para cada individuo.

Para determinar las diferencias existentes entre los potenciales promedio evocados por las palabras y las pseudopalabras de toda la muestra, se aplicó la prueba *t* de Student con la corrección de Bonferroni. Para lograrlo, se obtuvo primero el potencial evocado promedio correspondiente a cada uno de los subestados y luego se calculó la diferencia entre ellos restando el PRE evocado por la palabra menos el PRE evocado por la pseudopalabra. De esta forma, los valores positivos grandes de *t* evidenciarían una significancia estadística y, por tanto, la presencia de un componente negativo en el PRE promedio a la pseudopalabra, mientras que los valores negativos de *t* grandes indicarían un componente positivo en el PRE promedio a la pseudopalabra.

Para conocer si existían diferencias significativas entre los potenciales promedio de los subestados, teniendo en cuenta la edad y el sexo, se procedió de la misma manera antes descrita. En el caso de la edad, se efectuó el análisis de dos maneras: se compararon primero los sujetos de 20 a 29 años (*n* = 11) con aquellos

≥ 40 años (*n* = 10); posteriormente, se compararon la mitad más joven de la muestra y la mitad de mayor edad, sin que se encontraran diferencias significativas.

Como los análisis se realizaron para cada derivación y cada muestra o punto de digitalización del potencial promedio (0-1180 ms, equivalentes a 235 muestras), el nivel de significancia se adecuó según la corrección de Bonferroni (α/n) para evitar un incremento del error tipo I. Lo anterior significa que los puntos o latencias de los potenciales promedio que aparecen como significativos al aplicar la corrección de Bonferroni, lo fueron considerando el nivel de significancia de $p < 0.0002$.

Se evaluaron la topografía, latencia, amplitud y polaridad de cada una de las ondas que mostraron diferencias significativas entre los potenciales promedios de los subestados.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los resultados de las variables conductuales correspondientes a los subestados, por palabra y pseudopalabra, en el grupo de sujetos estudiados. Ahí mismo puede apreciarse que el porcentaje de respuestas correctas fue discretamente superior para las pseudopalabras y que los sujetos se equivocaron más al reconocer las palabras. Cuando se evaluó la significancia de la diferencia entre las proporciones de las respuestas correctas e incorrectas para cada subestado, por medio de una *chi* cuadrada se obtuvo un valor de 65.7 (*gl* = 1), que resultó significativo ($p < 0.0001$).

Cuando se investigó, mediante un análisis de correlación, si la escolaridad intervenía en este resultado, se obtuvo una correlación de 0.43 para la comparación de la escolaridad y el porcentaje de respuestas correctas en el subestado palabra, mientras que el análisis de las pseudopalabras evidenció una correlación de 0.24. Los valores de *r* con significancia para la muestra utilizada en esta investigación son: $r = 34.9$ ($p < 0.05$) y $r = 44.9$ ($p < 0.01$). Por tanto, la $r = 0.43$ encontrada entre la escolaridad y el porcentaje de respuestas correctas en el subestado palabra mostró una significancia de $p < 0.02$ y la $r = 0.24$ no fue significativa para el subestado pseudopalabra.

CUADRO 1. Descriptores de las variables conductuales (subestados: palabra y pseudopalabra) correspondientes a toda la muestra

<i>Respuesta / estímulo</i>	<i>Total de respuestas correctas</i>	<i>Total de respuestas incorrectas</i>	<i>Total de respuestas</i>	<i>% de respuestas correctas</i>	<i>% de respuestas incorrectas</i>	<i>Total de no respuestas</i>
Palabra	8778	825	7603	89.15	10.85	21
Pseudopalabra	4975	356	5331	93.32	6.68	24

CUADRO 2. Medias y desviación estándar de los tiempos de reacción para cada subestado

	<i>Correctas</i>		<i>Incorrectas</i>	
	<i>Media</i>	<i>D. E.</i>	<i>Media</i>	<i>D. E.</i>
Palabra	819.73	163.89	1060.3	208.24
Pseudopalabra	999.35	217.2	1049.7	303.49

Ante este resultado, se calculó entonces el coeficiente de correlación de Pearson entre los niveles de escolaridad y los errores cometidos con las palabras frecuentes e infrecuentes. De este modo se obtuvo una correlación negativa y significativa ($r = -0.43$; $p < 0.02$) entre la escolaridad y el número de errores cometidos con las palabras infrecuentes; es decir, cuanto mayor es la escolaridad menos errores se cometen con las palabras infrecuentes y éstos aumentan según disminuye la escolaridad. No existió correlación entre la escolaridad y los errores con las palabras frecuentes ($r = -0.06$).

En el cuadro 2 se muestran la media y la desviación estándar de los tiempos de reacción para cada subestado, obtenidas a partir de los promedios individuales de esta variable en 30 sujetos de la muestra. En la figura 1 aparecen de forma gráfica estos resultados. El análisis de varianza multivariado de medidas repetidas reveló diferencias significativas entre los tiempos de reacción para reconocer las palabras y pseudopalabras (cuadro 3). Todos los efectos fueron significativos: entre las palabras y las pseudopalabras, sin importar que fueran correctas o incorrectas; y entre las respuestas correctas e incorrectas, independientemente de que fueran palabras o pseudopalabras. Las interacciones entre ambos efectos también fueron significativas, lo

CUADRO 3. Resultados del análisis de varianza de medidas repetidas de los tiempos de reacción promedio de las respuestas correctas e incorrectas para los dos subestados

<i>Efecto</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>
Palabra	$F(1,29) = 11.8$	$p = 0.002$
Respuesta	$F(1,29) = 34.1$	$p \leq 0.001$
Interacción palabra x respuesta	$F(1,29) = 16.0$	$p \leq 0.001$

que implica que los tiempos de reacción para las palabras fueron menores que para las pseudopalabras, y que las respuestas correctas tuvieron tiempos de reacción más cortos que las incorrectas.

En el cuadro 4 aparecen las topografías, las latencias, las amplitudes y las polaridades de los valores que mostraron diferencias significativas entre los potenciales promedio de los subestados palabra y pseudopalabra. En la misma puede apreciarse que en el intervalo de 375 a 495 ms de latencia apareció una onda más negativa ante la presencia de las pseudopalabras, lo que a su vez mostró las siguientes diferencias significativas ($p < 0.0002$) en las derivaciones: F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz y Pz. Las diferencias de amplitud entre los dos subestados fueron más evidentes en las derivaciones Pz y P3, seguidas de Cz.

En este cuadro también puede notarse que en el intervalo de 700 a 795 ms de latencia (fundamentalmente en 795) apareció una onda más positiva ante la presencia de las pseudopalabras, que evidenció diferencias significativas ($p < 0.0002$) en las derivaciones: F3, C3, P3, F7, T3, T5 y Pz. Nuevamente, las diferencias de amplitud entre los dos subestados fueron más evi-

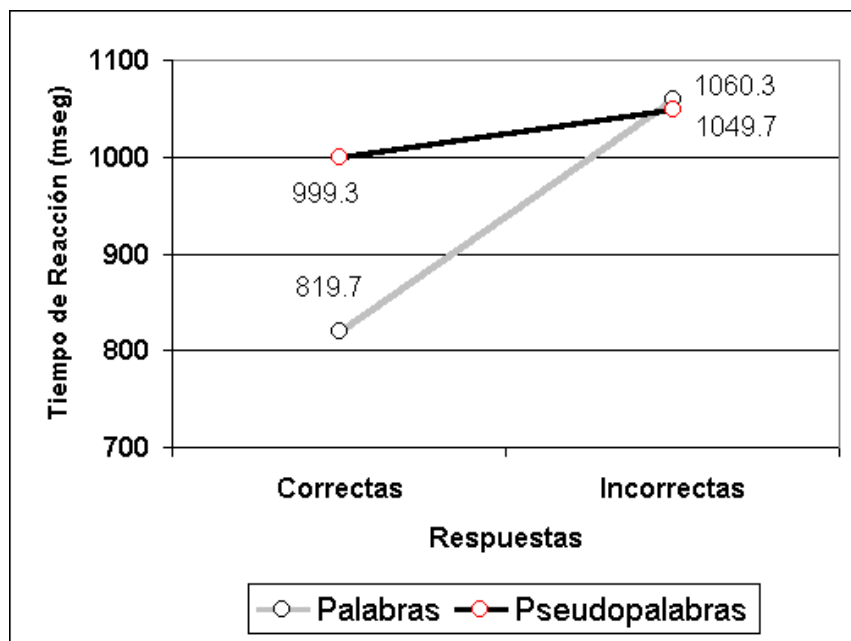


Fig. 1. Tiempos de reacción para cada subestado.

CUADRO 4. Topografía, latencia, amplitud y polaridad de las ondas que mostraron diferencias significativas (mayor valor t) entre los subestados palabra y pseudopalabra

Topografía	Valor máx. de t	Latencia (ms)		Amplitud (μ Voltios)	Valor máx. de t	Latencia (ms)		Amplitud (μ Voltios)	
		Palabra	Pseudo palabra			Palabra	Pseudo palabra		
F3	5.96	405	-0.42	-1.57	-5.48	700	-0.64	0.61	
F4	7.24	375	0.94	-0.24					
C3	5.57	465	0.01	-1.28	-5.04	795	-1.06	0.32	
C4	8.17	465	1.37	-0.47					
P3	7.28	465	1.16	-0.79	-5.41	795	-1.71	-0.21	
P4	6.47	490	1.47	-0.26					
O1	6.68	495	-0.12	-1.45					
O2	6.67	490	-0.25	-1.52					
F7					-5.07	790	-1.74	-0.89	
T3	5.43	415	-0.35	-1.27	-5.49	795	-1.18	-0.09	
T4	6.78	415	0.70	-0.55					
T5	6.68	465	0.58	-0.89	-5.30	790	-1.26	-0.05	
T6	8.62	480	0.68	-0.70					
Fz	6.65	410	0.06	-1.39					
Cz	7.36	470	0.86	-1.01					
Pz	7.54	470	1.76	-0.26	-5.10	795	-1.27	0.40	

dentes en las derivaciones Pz y P3, aunque en este caso la derivación que siguió en el orden no fue Cz sino C3.

En la figura 2 se pueden apreciar las diferencias antes señaladas entre los potenciales promedio correspondientes a los dos subestados. También puede observarse la gran semejanza que existe entre los compo-

nentes primarios de los potenciales evocados promedio, tanto de la palabra como de la pseudopalabra en las derivaciones posteriores, sobre todo en las occipitales.

Cuando se compararon los PREs promedio, teniendo en cuenta la edad y el sexo, no se encontraron diferencias significativas entre los dos subestados.

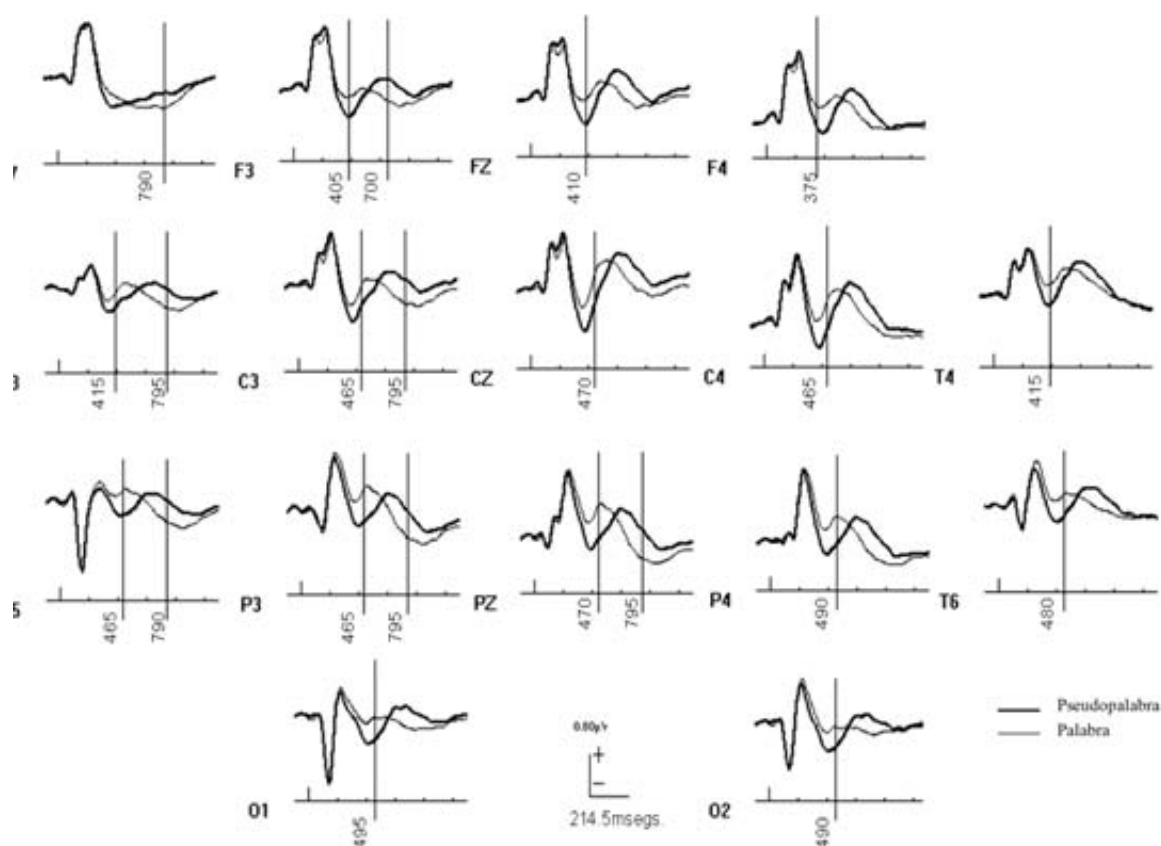


Fig. 2. Potenciales promedio de las derivaciones en que se encontraron diferencias entre los subestados palabra y pseudopalabra.

DISCUSIÓN

En el análisis de las variables conductuales llama la atención que los sujetos cometieron, como grupo, más errores ante las palabras que ante las pseudopalabras. Sin embargo, los que se equivocaron más fueron aquéllos con menor nivel de escolaridad, lo que significa que esta variable se relaciona con la extensión del repertorio léxico pues, al no poder asignar un significado a un grupo determinado de palabras, los sujetos con baja escolaridad las interpretan como pseudopalabras.

Por otro lado, como era de esperarse, se encontraron diferencias significativas en torno al tiempo de reacción, pues las palabras se reconocen con mayor rapidez que las pseudopalabras. Asimismo, las respuestas correctas se acompañan de tiempos de reacción más cortos con respecto a las respuestas incorrectas.

El tiempo promedio de reacción para las palabras fue de 819.73 ms, mientras que para las pseudopalabras fue de 999.35. Del mismo modo, el componente más tardío del potencial apareció en un intervalo de diferencias significativas de entre 600 y 940 ms, pero con una significancia de $p < 0.0005$ de entre 690 y 805 ms. Es decir, la positividad apareció mucho antes que la respuesta, por lo que se puede inferir que la actividad reflejada por los PREs se relaciona con el procesamiento de la información ante el paradigma utilizado.

Si se toma en consideración que existió una gran similitud entre los componentes primarios de los PREs en ambos subestados y que las diferencias significativas entre éstos no aparecieron sino hasta los 270 ms, se puede inferir que la negatividad y la positividad encontradas entre los 270–580 y 600–940 ms, respectivamente, son producto de la actividad cognoscitiva. Estos resultados contrastan con los reportados por Marcos (16), quien encontró diferencias antes de los 270 ms con este mismo paradigma, pero en una muestra mucho más pequeña ($n = 12$) y con un análisis estadístico univariado.

Si se toma en cuenta que en los modelos de reconocimiento de palabras, que consideran una división general entre el acceso al léxico y la integración léxica, los estudios con PREs han asociado el N400 con el proceso de integración. Si lo es, es equivalente a la incongruencia semántica dentro de un proceso de integración léxica descrito en la literatura convencional del “facilitador semántico”, pero esta vez, limitado al proceso de acceso al léxico, lo que puede interpretarse como el hecho de discriminar la respuesta, en función de asignar significado a una palabra; es decir de procesar la información en el módulo semántico (9).

Contrariamente a lo descrito por otros autores, este efecto N400 no es privativo del proceso de integración léxica, ni parece guardar relación con aspectos

controlados (24). Aun cuando el componente N400 ha sido referido en investigaciones que emplean el uso del facilitador semántico, en la presente investigación la onda negativa descrita es similar a este componente por la latencia en que aparece, es decir, alrededor de los 400 ms (270–580 ms). En cuanto a su distribución, llamó la atención que fuera generalizada, aun cuando estuvo bien definida en las regiones centro-parietales, lo que corresponde con lo referido en estudios que han usado paradigmas de incongruencia semántica (2, 3, 5–8, 17, 18, 20, 22, 23, 25).

Hallar diferencias significativas en cuanto a la amplitud de ambos subestados dentro de este rango de latencia, y tomando en consideración lo reportado en la bibliografía, nos permite inferir que esta negatividad parece ser la respuesta generalizada de la actividad cerebral ante un estímulo incongruente (pseudopalabra), es decir, que no está almacenado en la memoria semántica y, por tanto, carece de significado. Así, la amplitud puede relacionarse con la cantidad de activación necesaria para acceder a la representación de los estímulos en la memoria, o bien, aun cuando no se hayan usado oraciones, al esfuerzo requerido para encontrarle significado a un estímulo; en este caso, la pseudopalabra (5, 7, 8, 14, 18, 22, 23).

Debido a la naturaleza de la tarea empleada en esta investigación, la presencia de un componente positivo podría interpretarse como una P300 tardía (P3b), la cual se ha señalado que aparece dentro de una latencia de 500 a 1400 ms, con una distribución sobre la región centro-parietal. También se considera que interviene en el proceso de categorización de la tarea, donde es necesario discriminar entre el estímulo blanco del que no lo es, y que refleja los procesos atencionales focalizados (voluntarios) que intervienen en la ejecución de la tarea (1).

En este estudio la aparición del componente positivo tardío (700–795 ms) podría deberse a la forma en que se llevó a cabo la tarea de decisión léxica, ya que antes de la aparición de cada estímulo se indicó verbalmente a los sujetos que éste aparecería (para fijar su atención).

Por otro lado, se ha referido que la latencia se relaciona con la aparición del estímulo infrecuente (habitualmente se maneja una proporción de 20% para el estímulo frecuente y de 80% para el infrecuente), en esta investigación la proporción fue del 58.8% para la palabra (estímulo frecuente) y 43.6% para la no palabra (estímulo infrecuente), por lo que, al ser proporciones semejantes, la latencia de la aparición del componente se hace más tardía (4).

En el presente trabajo, el análisis electrofisiológico permitió comprobar la existencia de una relación entre el componente N400 y el procesamiento del signi-

ficado de las palabras, independientemente de su contexto sintáctico. Asimismo, puso de manifiesto la presencia de un componente tardío asociado con la demanda de recursos atencionales necesarios para llevar a cabo la tarea de decisión léxica utilizada. El único antecedente de este trabajo es la investigación de Marcos, pero es difícil comparar nuestros resultados no sólo por el tamaño de las muestras, el número de derivaciones registradas, el tiempo de las ventanas analizadas en el EEG y la estadística empleada, sino también por los objetivos de cada investigación. Finalmente, contar con resultados obtenidos a partir de una muestra de sujetos sanos será útil como punto de comparación al aplicar este mismo paradigma a una población de pacientes que tengan alterada la memoria semántica, como es el caso de la enfermedad de Alzheimer, la afasia semántica y la esquizofrenia.

REFERENCIAS

1. ALTENMÜLLER EO, GERLOFF CH: Psychophysiology and the EEG. En: EN y FL da Silva (eds). *Electroencephalography Basic Principles. Clinical Applications and Related Fields*. Williams & Wilkins, USA, 1999.
2. ANDERSON JE, HOLCOMB PH J: Auditory and visual semantic priming using different stimulus onset asynchronies: An event-related brain potential study. *Psychophysiology*, 32:177-190, 1995.
3. BENTIN S, MOUCHETANT-ROSTAING, GIRAD MH, ECHALLIER JF, PERNIER J: ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *J Cognitive Neuroscience*, 11(3):235-260, 1999.
4. CANSECO-GONZALEZ E: Using the recording of event-related potentials in the study of sentence processing. En: Grodzinsky Y, Sahipo L, Swinney D (eds). *Language and the Brain: Representation and Processing*. Academic Press, Nueva York, 2000.
5. CAPLAN D: *Introducción a la Neurolingüística y a los Estudios de Trastornos del Lenguaje. Colección Lingüística y Conocimiento*. Visor, Madrid, 1992.
6. CASTAÑEDA M, OSTROSKY F, PEREZ M, RANCEL L, BOBES MA: Evaluación electrofisiológica de la memoria semántica en la enfermedad de Alzheimer. *Salud Mental*, 22(1): 1-6, 1999.
7. CHIARELLO CH, RICHARDS L: Another look at categorial priming in the cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, 30(4): 381-390, 1992.
8. CHIARELLO CH, SENEHI J, NUDING S: Semantic priming with abstract and concrete words: Differential asymmetry may be postlexical. *Brain Language*, 31:43-60, 1987.
9. ELLIS AW, YOUNG AW: *Human Cognitive Neuropsychology*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove, 1989.
10. FODOR J: *The Modularity of Mind*. MIT Press, Cambridge, 1983.
11. FRIEDERICI AD, STEINHAEUER K, FRISCH S: Lexical integration: sequential effects of syntactic and semantic information. *Mem Cognit*, 27(3):438-453, 1999.
12. GAZZANIGA M, RICHARD B, GEORGE R: *Cognitive Neuroscience. The Biology of Mind*. WW Norton and Co, Nueva York, 1998.
13. JASPER HH: The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 10:371-375, 1958.
14. KOLK HH, CHWILLA DJ, VAN HERTER M, OOR PJ: Structure and limited capacity in verbal working memory: a study with event-related potentials. *Brain Lang*, 85(1):1-36, 2003.
15. KUTAS M, HILLYARD S: Reading senseless sentences. Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207:203-205, 1980.
16. MARCOS J: Estudio Neurolingüístico de Procesos Lexicos: Potenciales Relacionados a Eventos y Mapeo Eléctrico Cerebral. Tesis Doctoral inédita. El Colegio de México. México, 1998.
17. MUNTE TF, HEINZE HJ, MATZEK M, WIERINGA BM, JOHANNES S: Brain potentials and syntactic violations revisited: no evidence for specificity of the syntactic positive shift. *Neuropsychologia*, 36(3):217-226, 1998.
18. OBER BA, SHENAUT GK: Lexical decision and priming in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 26(2):273-286, 1988.
19. OSTERHOUT L, ALLEN MD, MCLAUGHLIN JE, INOUE K: Brain potentials elicited by prose-embedded linguistic anomalies. *Mem Cognit*, 30(8):1304-1312, 2002.
20. PIETROWSKY R, KUHMANN W, KRUG R, MÖLLE M, FEHM HY, BORN J: Event-related brain potentials during identification of tachistoscopically presented pictures. *Brain Cognition*, 32:416-428, 1996.
21. POSNER M, SNYDER C: Attention and cognitive control. En: Solso R (ed). *Information Processing and Cognition*. Euribaum, 55-85, Hillsdale, 1975.
22. PUENTE A, POGGIOLI L, NAVARRO A: *Psicología Cognoscitiva y Perspectivas*. McGraw Hill, México, 1995.
23. SCHWARTZ TJ, KUTAS M, BUTTERS N, PAULSEN J, SALMON D: Electrophysiological insights into the nature of the semantic deficit in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 34(8):827-841, 1996.
24. SILVA-PEREYRA J, HARMONY T, VILLANUEVA G, FERNANDEZ T y cols.: N400 and lexical decisions: automatic or controlled processing? *Clin Neurophysiol*, 110(5):813-824, 1999.
25. WEISBROD M, KIEFER M, WINKLER S, MAIER S y cols.: Electrophysiological correlates of direct versus indirect semantic priming in normal volunteers. *Brain Res Cogn*, 8(3):289-98, 1999.