



01965

2
Zaj.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**CORRELATOS ELECTROFISIOLÓGICOS
DEL PROCESAMIENTO
SEMÁNTICO**

TESIS

que para obtener el título de
MAESTRA EN PSICOBIOLOGIA
P R E S E N T A
ENRIQUETA CANSECO GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: DRA. THALIA HARMONY

ASESORES : **MTRA. MARIA CORSI CABRERA**
MTRA. FEGGY OSTROSKY-SOLIS
MTRO. ALFONSO SALGADO BENITEZ
MTRO. MATILDE VALENCIA FLORES

MEXICO, D.F.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	2
II. TRABAJO EXPERIMENTAL	
1. Planteamiento del problema	18
2. Hipótesis	19
3. Sujetos	20
4. Material y procedimiento	20
5. Análisis	24
6. Resultados	25
7. Discusión	28
FIGURAS	38
BIBLIOGRAFIA	45

RESUMEN

En el presente estudio, se utilizó la técnica de registro de los PREs en un intento de averiguar la relación existente entre ciertas áreas de la corteza cerebral y el proceso de extracción de significado de un material verbal. Para este objetivo, se presentaron pares de palabras que fueran sinónimos pero con diferentes características físicas y pares que fueran similares físicamente pero con diferente significado. Las hipótesis que nos guiaron fueron: 1) Respuestas similares evocadas por los estímulos con el mismo significado en las zonas parietales y frontales y respuestas diferentes en las zonas occipitales y 2) Potenciales similares obtenidos ante palabras físicamente parecidas en las zonas occipitales.

Se registraron las zonas Fz, P3, F4, O1 y O2 de la corteza cerebral de 10 jóvenes del sexo masculino mientras se les presentaban oraciones formadas por 7 a 8 palabras. Se tomó el registro de los potenciales producidos por las palabras "carro", "coche" y "noche" así como del estímulo control "&+\$.!". Dos de estas palabras son sinónimos y dos tienen características físicas muy similares. Se obtuvieron 24 promedios para cada sujeto (6 zonas x 4 estímulos), los cuales fueron analizados por medio de un análisis múltiple de la varianza, utilizando el tipo de estímulo como factor. Se obtuvieron también los grandes promedios de los 10 sujetos por zona y por estímulo, dando un total de 24 grandes promedios que fueron analizados mediante un análisis visual.

Los resultados mostraron diferencias en la zona Fz, donde el estímulo control (sin significado) produjo un pico negativo a los 262 milisegundos que no se observó en el resto de los estímulos. Se discute la participación de esta zona en el procesamiento de estímulos lingüísticos y posibles estudios en el futuro.

I. INTRODUCCION

El fin último de varias disciplinas científicas es el entender y explicar como el hombre es capaz de llevar a cabo procesos superiores tales como el pensamiento, lenguaje, memoria, aprendizaje, etc. Se ha dado un interés especial al estudio de la relación entre el funcionamiento cerebral y el lenguaje. Una de las principales fuentes de información proviene de la clínica, donde se ha observado que lesiones específicas de ciertas áreas cerebrales provocan determinadas alteraciones del lenguaje. A partir del reporte hecho por Paul Broca en 1861 (Luria, 1977) acerca de la aparición de severas dificultades en el habla de un paciente como consecuencia de una lesión en el área frontal izquierda, se ha demostrado reiteradamente que la activación diferencial de ciertas áreas de la corteza cerebral de ambos hemisferios están relacionadas o participan en la ejecución y procesamiento de diferentes aspectos del lenguaje (Ardila y Ostrosky, 1984). Existen también técnicas conductuales, tales como la presentación dicótica de estímulos auditivos, o la estimulación de un hemicampo visual para estudiar la participación de los dos hemisferios cerebrales durante el procesa-

miento del lenguaje. La ventaja de estas técnicas es que pueden aplicarse a sujetos intactos, sin lesiones o alteraciones cerebrales, de tal manera que pueda estudiarse el funcionamiento normal del cerebro en relación con los procesos superiores.

Los investigadores pertenecientes a diferentes ramas de las neurociencias y de las ciencias conductuales han recurrido a los métodos y técnicas con que se cuenta en tales áreas dando respuestas parciales al problema del funcionamiento cerebral. Es evidente, entonces, la necesidad de colaboración de las diversas disciplinas para resolver tal objetivo común.

Algunos de los métodos actualmente utilizados en el estudio de las bases fisiológicas de la conducta sufren de serias limitaciones, ya sea en su aplicación o en las posibles conclusiones que se puedan derivar de su uso, por ejemplo, es casi imposible llevar a cabo el registro de neuronas individuales en el ser humano, así como cualquiera de las técnicas invasivas utilizadas en animales.

Como ya se mencionó anteriormente, la ocurrencia de lesiones cerebrales naturales en algunos pacientes, ofrece una herramienta muy útil, sin embargo, también sufre de serios problemas. Generalmente nos encontramos con lesiones poco

circunscritas a un area determinada, la etiologia de los pacientes es muy diversa, los diversos factores que inciden en la recuperacion, y la edad en la que se presenta el daño hacen muy dificil la comparacion de los casos y, por lo tanto, limitan las conclusiones que se puedan derivar de dichas observaciones. La interpretacion de tales evidencias se dificulta por el hecho de que al relacionar un determinado deficit conductual con una lesion especifica, no nos permite inferir que el area lesionada sea la responsable de la funcion perdida.

La mejor alternativa a dichos problemas, es la utilizacion de diversas aproximaciones experimentales y la busqueda de hallazgos consistentes a traves de todas ellas. Estudios interdisciplinarios son especialmente necesarios cuando nos interesa averiguar la relacion entre la neurofisiologia del cerebro y los procesos cognitivos.

Una de las mejores técnicas para el estudio de la neurofisiologia del lenguaje, ha sido el registro de potenciales relacionados a eventos (PREs). Como es sabido, existen dos tipos de complejos de ondas cerebrales en el hombre que pueden ser registradas con electrodos superficiales, uno de ellos son las fluctuaciones constantes del electroencefalograma (EEG) y el otro son los potenciales fásicos relaciona-

dos a eventos (PREs), los que estan asociados a eventos sensoriales, motores o cognitivos. Ambos tipos de ondas representan los campos electricos sumados de un gran numero de membranas neuronales actuando en sincronia (Regan, 1972).

El registro de la actividad eléctrica cerebral y en particular de los potenciales relacionados a eventos ofrece una fuente de información muy importante acerca de las funciones cerebrales que puede complementar aquella obtenida por otros metodos. El registro de los PREs ofrece una ventaja especial al permitir evaluar en tiempo real la relacion dinamica entre la actividad del cerebro y un evento conductual en particular. Esta tecnica puede aplicarse a sujetos neurológicamente intactos, así como a pacientes con lesiones cerebrales.

Una suposición importante en la interpretacion de los PREs, es que una parte de la actividad neuronal que subyace a los mismos, tiene un papel funcional en algún aspecto de los procesos cognitivos. Desgraciadamente tambien se sufre de limitaciones serias en cuanto a la localización de las áreas especificas que generan los PREs y la conducta, ya que existe una superposición temporal de los componentes del PRE, y un pico aparente puede representar la sumación de actividad de diversas fuentes cerebrales. En el dominio

espacial, la localización exacta de los mecanismos neurales que subyacen a la generación de los PREs es increíblemente grande (Vaughan, 1982; Wood, 1982; Thickbroom, Mastaglia, Carroll, 1984; Harmony, 1984).

La interpretación correcta del registro de los PREs, estará determinada por el grado de concordancia con los hallazgos encontrados por medio de otras técnicas (Kutas & Hillyard, 1984). El uso de los PREs es complementario y correlacional, pero no por ello menos útil.

Los PREs han sido clasificados de diversas formas, en base a su latencia (John & Thatcher, 1977) o en base a los factores que los determinan (Hillyard & Woods, 1979). La distinción tradicional ha sido entre las ondas tempranas, de modalidad específica que son evocadas por un estímulo en las vías sensoriales clásicas, y las ondas tardías e inespecíficas que se generan en áreas más amplias y sujetas a influencias psicológicas o cognitivas.

Por otro lado, podemos agruparlos de acuerdo a los estímulos que los determinan, en potenciales exógenos y potenciales endógenos. Los primeros son producidos por un estímulo externo, están sujetos a las variaciones del estímulo y no se ven influenciados por el estado psicológico del indi-

viduo. En esta categoría se encuentra la mayoría de los potenciales evocados (PEs) sensoriales, los cuales representan la suma de los campos eléctricos de poblaciones neuronales actuando en sincronía por un estímulo externo. La configuración espaciotemporal de un PE está determinada por la integridad y organización de los receptores y vías sensoriales involucradas y por las propiedades físicas de los estímulos.

En el otro extremo, tenemos los potenciales endógenos, relacionados con procesos perceptuales, cognitivos o motores. Son disparados frecuentemente por eventos externos pero su forma y temporalidad están determinadas por el proceso cognitivo particular activado por el estímulo, más que por su modalidad o propiedades físicas. Están sujetos a variaciones en el estado de alerta del sujeto y a diversos procesos psicológicos.

Como ejemplo de los potenciales exógenos, tenemos los potenciales auditivos del tallo cerebral, utilizados frecuentemente en la clínica para el estudio de pacientes con trastornos auditivos (Galambos & Hecox, 1977). En el caso de los potenciales endógenos, encontramos componentes relacionados con procesos de atención (Hillyard, 1979, 1985; Naatanen, 1982), ó expectancia (Walter et al., 1964).

Existe también evidencia clara de un componente positivo tardío, independiente de la modalidad sensorial y predominante en las zonas centro-parietales, el cual se produce por estímulos "sorpresivos", relevantes para la tarea efectuada. Este componente se ha designado como P300 y aunque no hay un acuerdo general acerca de las propiedades de los correlatos psicológicos de este componente, varios autores han sugerido que puede ser un signo de la toma de decisión (Smith, et al., 1970), resolución de incertidumbre (Sutton, et al., 1965), entrega de información relevante a la tarea (Sutton, et al., 1967), cambio en la estrategia de respuesta (Karlin & Martz, 1973), reajuste de estrategias cognitivas en preparación para ensayos futuros (Donchin, et al., 1978) o atención selectiva (Hillyard & Woods, 1979).

En la fig. 1 se muestra un esquema de algunos de los componentes mencionados.

Con respecto al estudio del lenguaje, se han relacionado los PREs con dimensiones lingüísticas específicas, desde los niveles fonémico y silábico (Molfese, 1978a,b, 1980), hasta los niveles sintáctico y semántico. A nivel sintáctico, Kutas y Hillyard (1980a,b) encontraron diferencias en los PREs evocados por palabras que contienen mayor información, como sustantivos, verbos, adjetivos (open-class) en comparación con palabras funcionales o de conexión tales como preposi-

ciones, conjunciones, etc. (closed-class) siendo dicha diferencia mas clara en el hemisferio izquierdo. En estudios mas recientes se ha investigado el efecto de facilitación sintáctica (priming effect) por medio de los PREs. Este efecto consiste en la facilitación en el reconocimiento de una palabra por la presentación previa de otra que este sintácticamente asociada con ella. Se sugiere una localización prelexical para tal efecto (Samar & Berent, 1986).

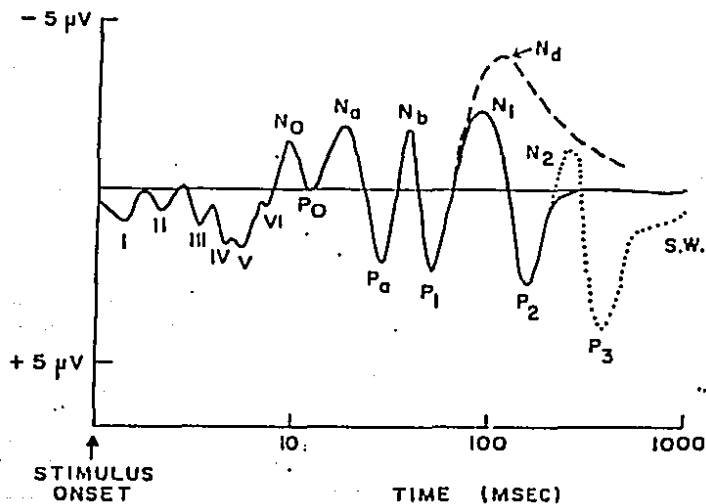


Fig. 1 Forma de onda ideal de un PRE auditivo mostrando los componentes de tallo cerebral (ondas I-VI), los componentes de latencia media, y los componentes tardíos observables en la mayoría de los sujetos. La línea continua representa los componentes exógenos, mientras que las líneas discontinua y punteada muestran componentes endógenos asociados con diferentes modos de procesamiento. El registro fue tomado con un electrodo central superficial, referido a mastoides, con la negatividad representada por una deflexión hacia arriba (tomado de Hillyard, 1985).

También se han hecho varios estudios de asimetría cerebral en relación con los PREs. Existen varias revisiones críticas de tales estudios (Desmedt, 1977; Donchin, Kutas & McCarthy, 1977; Hillyard & Woods, 1979; Neville, 1980, Kutas & Hillyard, 1984; Harmony, 1984). Un gran número de investigadores han reportado asimetrías en la amplitud de los ERPs registrados en el hemisferio izquierdo y derecho durante tareas que requieren de algún análisis lingüístico o semántico, donde se propone una mayor participación del hemisferio izquierdo para tareas verbales y del hemisferio derecho para tareas de tipo espacial. Sin embargo, parece ser que la diferencia funcional entre los dos hemisferios cerebrales es mucho más compleja que la distinción verbal/no verbal. Una tarea supuestamente verbal, puede ser ejecutada por medio de una estrategia de tipo espacial, y de la misma manera, una tarea de tipo espacial, puede ser codificada en forma verbal. Existen dos revisiones de las investigaciones de lenguaje y habla utilizando los PREs en las que se discuten los hallazgos, implicaciones, y problemas en el área de la asimetría cerebral (Picton y Stuss, 1984; Harmony, 1984).

Otra de las áreas que se han investigado usando la técnica de registro de los PREs es la del procesamiento de significado, tanto verbal como no-verbal. Se ha intentado identificar potenciales o componentes específicos de los PREs

que esten correlacionados con el proceso de extraccion de significado de los estímulos. Tales estudios han sido realizados también con varios tipos de estímulos, desde letras o figuras geométricas aisladas, hasta oraciones complejas.

Así, por ejemplo, John, Herrington & Sutton (1966) estudiaron el efecto que tiene la forma y el significado de los estímulos sobre los PREs. Ellos demostraron que dos estímulos de igual forma geométrica y diferente tamaño (un cuadrado grande y un cuadrado pequeño), producen formas de onda similares, mientras que, palabras diferentes ("square", "circle") con la misma luminosidad, provocan distintas respuestas evocadas. Se sabe que los factores de luminosidad, intensidad y duración de los estímulos provocan cambios en algunos de los componentes exógenos de los PREs.

En otro estudio, Grinberg & John (1981) registraron los PREs ante estímulos físicamente idénticos pero con diferente significado dependiendo del contexto. Encontraron que dicho estímulo provocaba respuestas diferentes en zonas temporales y parietales de acuerdo al diferente significado, mientras que en zonas occipitales estas respuestas eran similares independientemente del significado. Un hecho un tanto sorprendente fue que las mayores diferencias fueron encontradas en el hemisferio derecho, lo que los autores interpretaron como

base para apoyar la idea de que ambos hemisferios participan en la lectura. Proponen que el proceso de extracción de información semántica de estímulos visuales sencillos parece ocurrir alrededor de los 168 ms. posteriores a la presentación de la información.

El método de análisis utilizado por Grinberg y John sufre de muchas críticas al aplicar múltiples pruebas t a una serie de datos, con lo cual se rompe claramente con varios principios estadísticos, sin embargo, Johnston & Chesney (1974) realizaron un experimento muy similar utilizando un análisis de componentes principales. Ellos encuentran que las zonas críticas para el manejo de significado son las áreas frontales. Al colocar electrodos sobre la línea media, fue imposible analizar asimetrías. Propusieron también la latencia de 160 ms. como el tiempo en el cual se realiza el manejo de significado.

Posteriormente Thatcher (1976) registró PREs ante pares de palabras, encontrando un componente positivo tardío ante sinónimos o antónimos a los 440 ms. Este componente apareció predominantemente en zonas posteriores, siendo mayor en el hemisferio izquierdo. Thatcher interpretó estos resultados

como evidencia del procesamiento semántico llevado a cabo por las áreas posteriores de la corteza cerebral.

Utilizando el mismo paradigma, pero con palabras en los dos tipos de lenguaje japonés, Goto et al., (1980) encuentran tres componentes (N1, P300 y P650) en zonas temporales y parietales cuando el sujeto tenía que procesar el significado de los estímulos. El componente P650 mostró asimetrías de acuerdo al tipo de lenguaje utilizado (kana o kanji), siendo mayor en el hemisferio izquierdo en el caso del Kana y en el hemisferio derecho en el caso del Kanji. El lenguaje Kana es de tipo fonético y el Kanji es de tipo logográfico.

De acuerdo a Osgood y McGuigan (1973), el espacio de significado connotativo de las palabras, puede ser abarcado por tres dimensiones o escalas subyacentes: Evaluación, Potencia y Actividad. Basándose en los resultados de los análisis hechos por Osgood, Chapman et al., (1980) encontraron una correlación muy alta entre el significado connotativo de las palabras (manifestado por las tres escalas antes mencionadas) y la morfología de los PREs, al grado de poder designar correctamente (en un alto porcentaje) la categoría a la que pertenecían las palabras basándose en el potencial.

Ahora bien, pasando a aspectos más finos del lenguaje, Brown et al., (1973, 1976, 1979, 1980) y Marsh et al.,

(1977) realizaron una serie de experimentos en los que utilizaron estímulos iguales que variaban su forma gramatical de acuerdo al contexto, es decir, el mismo estímulo como sustantivo o como verbo (ej. "sit by the fire" vs. "ready, aim, fire"). Ellos encontraron diferencias entre los PREs evocados por los dos significados en la zona frontal izquierda.

También se ha investigado el efecto de la incongruencia semántica y física sobre los PREs. En una serie de estudios, Kutas & Hillyard (1980.a,b) demostraron la presencia de un componente negativo a los 400 ms. cuando el estímulo presentado era incongruente con el significado de la oración en la que se incluye (ej. "He spread the warm bread with socks") y de un complejo positivo formado por una serie de componentes positivos tardíos alrededor de los 300-900 mseg, siendo el más prominente P560, cuando el estímulo se presenta con características físicas diferentes (ej. "She put on her high heeled SHOES") pero con significado correcto. Cuando el estímulo presenta incongruencia semántica y física, aparecen ambos componentes.

Posteriormente, McCallum, Farmer, & Pocock (1984) replicaron los estudios hechos por Kutas & Hillyard, con la diferencia de utilizar estímulos auditivos en lugar de estímulos

visuales. Estos autores se apoyaron en el hecho de que la presentación de estímulos auditivos es una forma más natural y convencional de comunicación, además de suponer que los componentes descritos por Kutas & Hillyard deben presentarse independientemente de la modalidad sensorial utilizada. Ellos confirmaron plenamente los estudios previos con un método de análisis similar al anterior y además con un análisis de componentes principales. Sus latencias fueron un poco diferentes encontrando un N456 y un P416 en zonas parietales y centrales principalmente.

En el mismo año, otros investigadores (Harbin, Marsh, & Harvey, 1984) utilizaron un procedimiento similar pero incluyeron el factor edad como una variable a analizar. Reportaron resultados acordes con los hallazgos previos, siendo similares en ambos grupos de edad aunque más claros en los sujetos jóvenes comparados con los ancianos.

Podemos concluir que los hallazgos encontrados utilizando el registro de los PREs, sugieren que esta técnica puede servir como un índice de la participación de las diferentes zonas de la corteza cerebral en los diversos aspectos del lenguaje, como son: Fonémico y silábico (Molfese, 1978a,b; 1980), Sintáctico (Brown, et al., 1973, 1976, 1979, 1980; Marsh y Brown, 1977; Kutas y Hillyard, 1980a,b; Samar y

Berent, 1986; Herning, et al., 1987), y Semántico (Thatcher, 1976; Chapman, 1980; Kutas y Hillyard, 1980a,b; Grinberg y John, 1981). Por otro lado, las evidencias obtenidas de los reportes clínicos también favorecen la idea de una activación específica y diferencial de las distintas áreas cerebrales en forma organizada para procesar de forma adecuada la información verbal y poder llevar a cabo la producción de palabras y oraciones formando un mensaje coherente e informativo.

Tomando en cuenta las ventajas ofrecidas por la técnica de registro de los PREs, y en un intento por estudiar el proceso de extracción de significado dentro de un contexto, diseñamos el presente estudio, donde presentamos palabras dentro de oraciones complejas. Este diseño fuerza de una manera más clara el procesamiento del significado por parte de los sujetos, ya que no se limita a la presentación de estímulos aislados, sino que el individuo se ve forzado a procesar el correcto significado de las palabras para entender la oración completa.

El objetivo del presente estudio es el de corroborar las zonas corticales relacionadas con el proceso de extracción de información durante la lectura de oraciones y aquellas relacionadas con el procesamiento de las características fi-

sicas de los estímulos. Además, considerando que los PREs permiten un análisis en tiempo real, es decir, mientras se están llevando a cabo los procesos de interés, intentamos identificar componentes específicos en una latencia determinada que nos señalen el curso temporal del procesamiento del significado.

II. TRABAJO EXPERIMENTAL

1.- Planteamiento del problema

En los estudios de procesamiento de significado y utilizando el registro de las respuestas relacionadas a eventos, se ha observado que las zonas parietales, frontales y temporales de la corteza cerebral están implicadas en dicho procesamiento y que, las zonas occipitales están relacionadas con el análisis de las características físicas de los estímulos. Por otro lado, se ha propuesto que los componentes tempranos de los potenciales provocados reflejan las características físicas de los estímulos y que los componentes tardíos reflejan el procesamiento psicológico o cognitivo de los mismos. Tales estudios han sido realizados con la presentación de palabras aisladas o con oraciones donde aparecen algunos elementos que pueden o no concordar con el contexto previo, tanto en significado, como en sintaxis ó en forma.

El presente estudio intenta identificar las zonas corticales implicadas en el procesamiento del significado, así

como el curso temporal de tal evento, utilizando el registro de respuestas evocadas ante palabras que se presentan inmersas dentro de oraciones. Las palabras pertinentes son similares en significado o en forma, de tal manera que tengamos una base comparativa. También se presentara un estímulo neutro que servira como control.

2.- Hipótesis

Nuestras hipótesis, en su conjunto, intentan detectar actividad diferencial de la corteza cerebral de acuerdo a los diferentes niveles de procesamiento del lenguaje. Utilizamos la técnica de registro de potenciales relacionados a eventos por ser una de las herramientas más sensibles para el análisis temporal. De esta manera, podemos plantear las hipótesis en base a las diferencias esperadas en los PREs, de acuerdo a la actividad diferencial de la corteza cerebral:

- a) No hay diferencias en los componentes tempranos de las respuestas evocadas en las zonas occipitales por los estímulos con características físicas similares.
- b) No hay diferencias en los componentes tardíos de las

respuestas evocadas por los estímulos con el mismo significado en las zonas parietales, frontales y probablemente en zonas occipitales.

- c) Hay diferencias entre los componentes tardíos de las respuestas evocadas por estímulos físicamente similares pero con diferente significado en las zonas parietales y frontales.

3.- Sujetos

En la investigación participaron, en forma voluntaria, 10 sujetos adultos sanos del sexo masculino cuya edad estuvo comprendida entre los 25 y los 35 años de edad. Todos ellos fueron estudiantes universitarios, con adecuada agudeza visual.

4.- Material y procedimiento

Al inicio de la sesión experimental, se colocaron electrodos de plata en las derivaciones Fz, P3, P4, O1 y O2, de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20, siendo referidos a ambos lóbulos de las orejas cortocircuitados, también se

coloco un electrodo en el canto superior interno y otro en el canto inferior externo de uno de los ojos para el registro de movimientos oculares. La actividad electrica fue registrada con un poligrafo marca Grass, modelo 8-16D, con las frecuencias de corte en .3-35 Hz.

Durante el experimento, el sujeto permanecio sentado en un cuarto oscuro que se encuentra adyacente al cuarto de registro, teniendo frente a él a una distancia de 50 cm. un monitor de una computadora Apple, en el cual se le presentaron 120 oraciones (divididas en cuatro bloques) formadas cada una por 4 a 8 palabras. Estas palabras fueron presentadas una cada vez con un intervalo de 1 segundo entre ellas, siendo la duración de cada una de 100 ms. Hubo un descanso entre bloques de aproximadamente 10 min. Antes de la presentación de cada oración, aparecieron de 1 a 3 estímulos sin significado formados por 5 símbolos graficos (&+\$'!) que sirvieron como punto de fijación y como estímulo control. Este estímulo control se igualó en energía e intensidad con las palabras ante las cuales se registraron los PRES. Al final de cada oración aparecia una orden al sujeto que le indicaba que debía repetir oralmente la oración que le fue presentada. Esta respuesta fué registrada por un experimentador para asegurar que la oración fuera leída correctamente.

El intervalo entre cada oración fue variable y dependió de la velocidad con que el sujeto repetía la oración y con el tiempo que el mismo sujeto necesitaba antes de estar preparado para la siguiente presentación. Después de la respuesta oral, el sujeto oprimía una tecla en el momento que quisiera, para que le fuera presentada la siguiente oración. La duración total de la sesión fue de una hora aproximadamente.

En la Fig. 2 se muestra un esquema de la situación experimental.

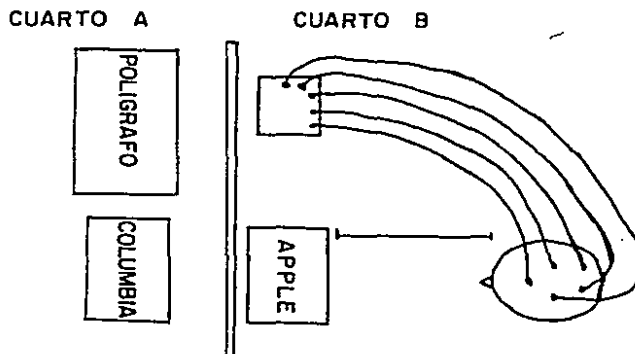


Fig. 2 Esquema de la situación experimental. El sujeto se encontraba en un cuarto adyacente al cuarto de registro y captura de la señal, donde se le presentaron los estímulos por medio de una computadora Apple II plus.

En la Fig. 3 se esquematiza un ejemplo de las oraciones presentadas, donde se señala la duración de los estímulos y el intervalo entre ellos.

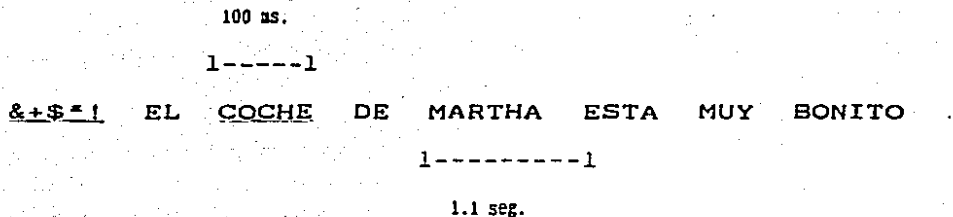


Fig. 3. Esquema de la secuencia de presentación de los estímulos. Se registraron las respuestas provocadas ante las palabras subrayadas, cuya duración fue de 100 ms. El intervalo entre palabras fue de 1.1 segundos.

Solamente se registraron los potenciales provocados ante las palabras: CARRO, COCHE y NOCHE, así como ante el estímulo neutro (&+\${!}); las dos primeras son sinónimos (CARRO-COCHE) y las dos últimas son físicamente similares, pero con distinto significado (COCHE-NOCHE). En todas las oraciones apareció uno de éstos estímulos, siempre como la segunda palabra de la oración.

Estos potenciales provocados fueron capturados en línea por una computadora Columbia Printaform, a través de un convertidor analógico-digital, registrando 976 ms. posteriores al estímulo y tomando 250 muestras por segundo con un intervalo de muestreo de 4 ms.

5.- Análisis

Al final de la sesión se promediaron, en forma separada, las respuestas provocadas por cada uno de los estímulos, eliminando del promedio los potenciales artefactados por movimientos oculares que rebasaban una ventana preestablecida de + 50 uv, así como también aquellos potenciales en los que aparecía alguna saturación en cualquiera de los canales. También fueron eliminados los ensayos en los que el sujeto repitió en forma equivocada la oración que le fue presentada. Este promedio individual fue realizado para cada uno de los sujetos, en cada zona y para cada estímulo registrado, dando un total de 24 promedios individuales por cada sujeto (6 zonas x 4 estímulos).

Los potenciales promediados fueron sometidos a dos tipos de análisis con el fin de identificar componentes relacionados con el significado y la forma física de los estímulos.

- a) Análisis visual de las ondas de los grandes promedios (promedios de los 10 sujetos) obtenidos en cada zona y para cada estímulo quedando, por lo tanto, 24 grandes promedios (6 zonas y 4 estímulos).

b) Un análisis de varianza multivariado (manova) con los puntos correspondientes al rango de latencia donde se observaron visualmente diferencias entre los potenciales producidos por los cuatro estímulos en los grandes promedios.

6.- Resultados

a) Análisis visual de los grandes promedios.- En las figuras 4-8 se muestran las gráficas correspondientes a las 5 zonas cerebrales registradas, donde se incluyen los cuatro grandes promedios correspondientes a los cuatro estímulos con el fin de poderlos comparar. Todos ellos muestran las formas de onda características de cada zona. En las zonas parietales y occipitales de ambos hemisferios, los cuatro estímulos produjeron respuestas muy similares con ligeras diferencias de amplitud o de forma entre los 200 y 400 milisegundos. Aún cuando parece haber mayor parecido entre algunas de las respuestas, estas similitudes y diferencias podrían desaparecer si tomamos en cuenta la gran variabilidad intra e interindividual que se enmascara al juntar a todos los sujetos en el gran promedio. Por otro lado, en la zona Fz se puede observar un pico negativo muy notorio a los 270

ms. y uno positivo a los 375 ms. en el potencial producido ante el estímulo control (símbolos gráficos sin significado). Estos componentes no aparecieron ante los otros tres estímulos siendo muy similares sus respuestas.

La fig. 9 muestra la gráfica de los movimientos oculares correspondientes a los cuatro estímulos. Se puede observar que, como es de esperarse, estos movimientos fueron muy similares entre sí y que no se parecen a las respuestas evocadas en la corteza, lo que nos hizo confiar en la eliminación correcta de los artefactos de movimiento ocular efectuada previamente. También se puede observar que estos artefactos provocados por movimientos tienen una amplitud mucho menor que los PRES.

Con el objeto de averiguar qué tan confiables podían ser nuestros juicios basados en los grandes promedios, graficamos los 10 potenciales promedio individuales correspondientes a 5 sujetos por zona y por estímulo. De esta forma se pudo verificar visualmente la gran variabilidad intersujeto existente en nuestra muestra. Un ejemplo de estas gráficas se muestra en la fig. 10, donde aparecen las respuestas promedio producidas por el estímulo control en Fz para cinco de los diez sujetos. Por esta razón, se decidió realizar un análisis de varianza, el cual toma en cuenta esta variabili-

dad para poder corroborar o refutar los hallazgos encontrados por medio del análisis visual.

b) Manova.- Basados en las posibles diferencias entre estímulos observadas en los grandes promedios, realizamos un análisis de varianza multivariado eligiendo los puntos correspondientes a dichos tramos de latencia. Este análisis fue llevado a cabo utilizando el programa MANOVA del paquete estadístico SYSTAT. Dicho análisis se llevó a cabo en cada zona por separado. Se eligieron las siguientes ventanas de latencia en cada zona: En O1 tomamos de 269 ms. a 359 ms. y de 427 ms. a 517 ms. En O2 se analizó de 248 ms. a 348 ms. y de 406 ms. a 506 ms. En P3 se analizaron tres tramos; de 237 ms. a 323 ms., de 343 ms. a 438 ms. y de 528 ms. a 623 ms. En P4 se analizó únicamente de 238 ms. a 333 ms. Por último, en Fz se analizaron de 216 ms. a 306 ms. y de 317 ms. a 406 ms. Estas ventanas de análisis se muestran en las figs. 4-8.

El paquete estadístico mencionado nos ofrece una prueba univariada para cada punto y cuatro pruebas multivariadas que toman en cuenta todos los puntos simultáneamente. Las pruebas multivariadas son la lambda de Wilks, el trazo de Pillai, el trazo de Hotelling-Lawley y la Theta. Ninguna de las pruebas multivariadas mostró diferencias significativas entre los estímulos, independientemente del tramo y la zona

analizadas. La prueba univariada mostro diferencias significativas en Fz en los puntos correspondientes a la latencia del componente producido por el estimulo control a los 270 ms. que ya se habia observado visualmente [F (3,36) = 4.124, p < .05]. Sin embargo, el pico positivo de los 375 ms. no alcanzo a ser significativamente diferente aunque mostro esa tendencia.

7.-_Discusión

Basándonos en los resultados previos, podemos concluir que, con el diseño utilizado, nuestros estímulos no reflejaron sus diferencias y similitudes físicas y/o semánticas en las respuestas evocadas de las zonas parietales y occipitales. Sin embargo, un hallazgo interesante fue el hecho de que la zona frontal manifestara diferencias ante el estímulo control comparado con los tres estímulos lingüísticos. Existen algunos puntos interesantes al respecto:

A.- Descartamos la posibilidad de que las diferencias encontradas en el estímulo control se debieran a un artefacto del movimiento ocular (MO) al notar que los movimientos producidos ante los cuatro estímulos son extremadamente similares y por lo tanto no pueden dar cuenta de las diferen-

cias observadas en los PREs. Además, la amplitud de los potenciales es claramente mayor que la de los movimientos oculares y las latencias sugieren que los cambios de voltaje en la corteza cerebral de la zona frontal son reales y no un producto de la respuesta ocular.

B.- Se descarta también la posibilidad de que la aparición del componente negativo en el estímulo control esté reflejando diferencias físicas, ya que dicho estímulo fue igualado a los otros tres en cantidad de energía, teniendo la misma intensidad y duración. Por otro lado, es poco probable que la zona frontal refleje diferencias de tipo físico entre los estímulos. Debemos hacer referencia a un estudio hecho por Shelburne (1972) donde reporta que no hay diferencias entre los PREs ante palabras y los producidos por estímulos similares pero que carecen de significado. Sus registros fueron hechos en vertex, P3 y P4 concordando con nuestros hallazgos en las zonas parietales y occipitales. Probablemente la zona Fz sí reflejara las diferencias entre los estímulos lingüísticos y las sílabas sin sentido.

C.- Es posible que el procesamiento del estímulo control haya sido diferente por el hecho de que los sujetos "comenzaban" realmente la tarea de lectura hasta el momento en que se iniciaba la presentación de las palabras y, por lo tanto,

el estímulo control era "visto" fuera de un contexto lingüístico. Sin embargo, este problema es insalvable, ya que desde el momento de ser un estímulo sin significado, no puede situarse dentro de un contexto. Por otro lado, si tomamos en cuenta el estudio de Shelburne (1972) antes mencionado, donde reportó diferencias entre los potenciales obtenidos ante estímulos que requerían una decisión por parte del sujeto y aquellos que no forzaban tal decisión, independientemente de si el estímulo era una palabra o una sílaba sin sentido, entonces podríamos pensar que los estímulos verbales están provocando un cierto tipo de procesamiento del que carece el estímulo control y que esto se esté reflejando en la respuesta registrada en la zona frontal.

D.- Por último, queda la posibilidad de que la zona frontal esté implicada en el procesamiento del significado, sin embargo, este procesamiento no implica distinciones sutiles, sino que diferencia gruesamente entre aquellos estímulos que tienen algún significado y los que carecen de él. Uno de los estudios que reportan la participación de la zona frontal en el procesamiento de significado es el realizado por Johnston y Chesney (1974) donde encontraron que esta zona mostraba diferencias en algunos componentes de acuerdo al significado que su estímulo adquiría dependiendo del contexto. Este resultado parece incongruente con nuestro estu-

dio ya que nosotros no encontramos diferencias de acuerdo al significado específico de los estímulos. Por otro lado, la serie de estudios realizada por Brown et al., (1973, 1976, 1979a, 1979b, 1980) y por Marsh y Brown (1977) demuestra la participación de la zona frontal izquierda en el procesamiento del significado al encontrar diferencias en los potenciales de acuerdo al papel sintáctico que éste juega (verbo o sustantivo). Queda abierta la interrogante de la participación de la zona frontal en este tipo de procesamiento.

¿Cuál podría ser la razón de los resultados negativos en las zonas occipitales y parietales? Revisaremos algunos puntos que nos pueden ayudar a contestar esta pregunta y posteriormente propondremos algunas soluciones.

A.- Respecto a las zonas occipitales, podemos ver que aún cuando ninguna de las diferencias percibidas visualmente entre los grandes promedios de los cuatro estímulos resultó significativa, parece haber una tendencia en los componentes tardíos (entre los 248 y los 360 ms.) a que los potenciales correspondientes a los estímulos con el mismo significado ("carro" y "coche") muestren una mayor similitud entre ellos. El potencial ante "noche" se parece un poco menos y

el potencial producido por el estímulo control muestra algunos componentes que lo hacen diferente a todos los demás. Además, en la zona occipital derecha parece haber una diferencia entre el estímulo control y los estímulos verbales entre los 406-506 ms.

Existe, entonces, la posibilidad de que estas zonas pudieran estar implicadas en el procesamiento de información, pero que por alguna razón no se hicieron evidentes en este estudio. Posteriormente revisaremos algunas de las posibles explicaciones para esto.

Es importante también el señalar la ausencia de diferencias en los componentes primarios de los potenciales evocados occipitales por estímulos físicamente diferentes. Probablemente las diferencias físicas entre los estímulos son muy sutiles y no alcanzan a provocar respuestas diferentes, sin embargo, existe un estudio donde se reporta que las zonas occipitales son sensibles a tales diferencias (Grinberg y John, 1981). En esa investigación no se tomó en cuenta el tamaño de los dos estímulos con características físicas diferentes (una "A" mayúscula y una "a" minúscula), lo que podría explicar las discrepancias encontradas en la zona occipital. De acuerdo a esto, únicamente diferencias de energía o intensidad se reflejarían en los PREs, y no las diferencias de forma. En nuestro estudio todos los estímulos fueron

igualados en area de estimulación, en intensidad y duración.

B.- Pasando a las zonas parietales, debemos hacer notar la gran variabilidad intra e intersujeto observada en los PREs obtenidos ante todos los estímulos y en todas las zonas (Fig.10). Esta podría ser la causa principal del rechazo de las hipótesis planteadas en un inicio. En las zonas parietales, se pudieron observar visualmente algunas diferencias muy sutiles entre los cuatro estímulos que no alcanzaron a ser significativas por medio de ninguno de los métodos de análisis. La gran variabilidad hace que ninguna de estas diferencias pueda considerarse como real y sugiere que el análisis se realice individualmente. Existen varios reportes acerca de la gran variabilidad que muestran los PREs (Callaway y Halliday, 1973; Ellingson et al., 1973; Tepas et al., 1974).

C.- Una explicación alternativa podría encontrarse en el diseño mismo. Probablemente el método utilizado no fuerce a los sujetos a un procesamiento cuidadoso del significado de los estímulos. La tarea de los sujetos se limitaba a la lectura de las oraciones y no se requería de ellos una atención especial al significado de las palabras. Sin embargo, la mayoría de los estudios que han reportado la participación de las zonas parietales en el proceso de extracción de signifi-

cado tampoco han exigido una tarea especial a los sujetos.

D.- Otra posibilidad es que el proceso que nos interesa no se manifieste de una forma clara en los PREs. Debemos recordar que, tal vez no todos los eventos cognitivos puedan mostrar un signo claro en los PREs registrados en el cráneo (Hillyard y Woods, 1979; Kutas y Hillyard, 1984). Este hecho, aunado al diseño, puede explicar los resultados obtenidos.

En un estudio hecho por Megala y Teyler (1978), se reporta que son mayores las diferencias entre palabras con diferente sonido ("rock" y "stone") e igual significado, que entre palabras homonimas con distinto significado ("shuffle the deck" y "walk on the deck"), es decir, de acuerdo con ellos, los determinantes semánticos tienen menor impacto en los PREs que los determinantes acústicos.

Debemos tomar en cuenta la complejidad del proceso de lectura en el diseño del experimento. Existen reportes de cambios en los PREs relacionados con análisis lingüísticos muy sutiles, por ejemplo, la resolución de ambigüedades, investigada por Erwin (1986), la localización prelexical del efecto de facilitación sintáctica (Samar y Berent, 1986) y el nivel de procesamiento y contenido lingüístico de oraciones (Herning et al., 1987). Es obvia la necesidad de inter-

acción entre diversas disciplinas en el estudio del lenguaje.

Por último, creemos pertinente sugerir los experimentos que podrían solucionar algunos de los problemas y preguntas que la presente investigación hizo evidentes:

A.- Dada la gran variabilidad que caracteriza a los PRÉS creemos que un análisis individual sería de gran ayuda. Sabemos que uno de los fines de la ciencia es el encontrar generalidades, sin embargo, debemos recordar que justamente una de las características de los potenciales endógenos, como los que nos interesaron en este estudio, es la susceptibilidad que estos muestran a las variables de tipo individual, como la atención, expectancia, experiencia previa, etc. que pueden hacer variar el voltaje y la latencia de los componentes tardíos en especial. Una gran ventaja sería el poder contar con tareas que provoquen el proceso que nos interesa y que además nos ofrezcan una respuesta conductual con la cual correlacionar nuestras medidas electrofisiológicas. Si somos capaces de demostrar que un determinado tipo de respuesta conductual se acompaña de un tipo específico de evento electrofisiológico, estaremos más cerca de clarificar la rela-

cion entre la actividad cerebral y la conducta manifiesta.

B.- Se deberia incluir el mayor número posible de zonas de registro de la corteza cerebral, especialmente aquellas reportadas en estudios previos, aunque sabemos que, a menudo los problemas técnicos obstaculizan este proposito. Es importante, por lo tanto, realizar un mapeo de la corteza en el estudio de la mayoría de los procesos psicologicos.

C.- Por último, consideramos que, dados los errores en el diseño y control que pudimos encontrar en los reportes previos y tomando en cuenta nuestros resultados negativos, deberiamos intentar replicar algunos de esos estudios controlando todas las variables posibles.

El procesamiento del lenguaje y del significado, entre otras funciones superiores, es llevado a cabo por el cerebro en una forma organizada, de tal manera que, distintas areas del cerebro parecen estar implicadas en varios niveles y aspectos del lenguaje. En algunas ocasiones, este procesamiento diferencial se manifiesta de forma clara a través de algunos de los métodos de registro de la actividad cerebral con que se cuenta actualmente, y en otras, la complejidad del cerebro es tal, que resulta imposible dilucidar la participación de áreas discretas del sistema nervioso en el

procesamiento de ciertas funciones linguisticas. El registro de los PREs puede ayudarnos bastante en el curso de la búsqueda del entendimiento del funcionamiento cerebral y junto con otros metodos de diversas disciplinas, permitirnros el avance de la ciencia en general.

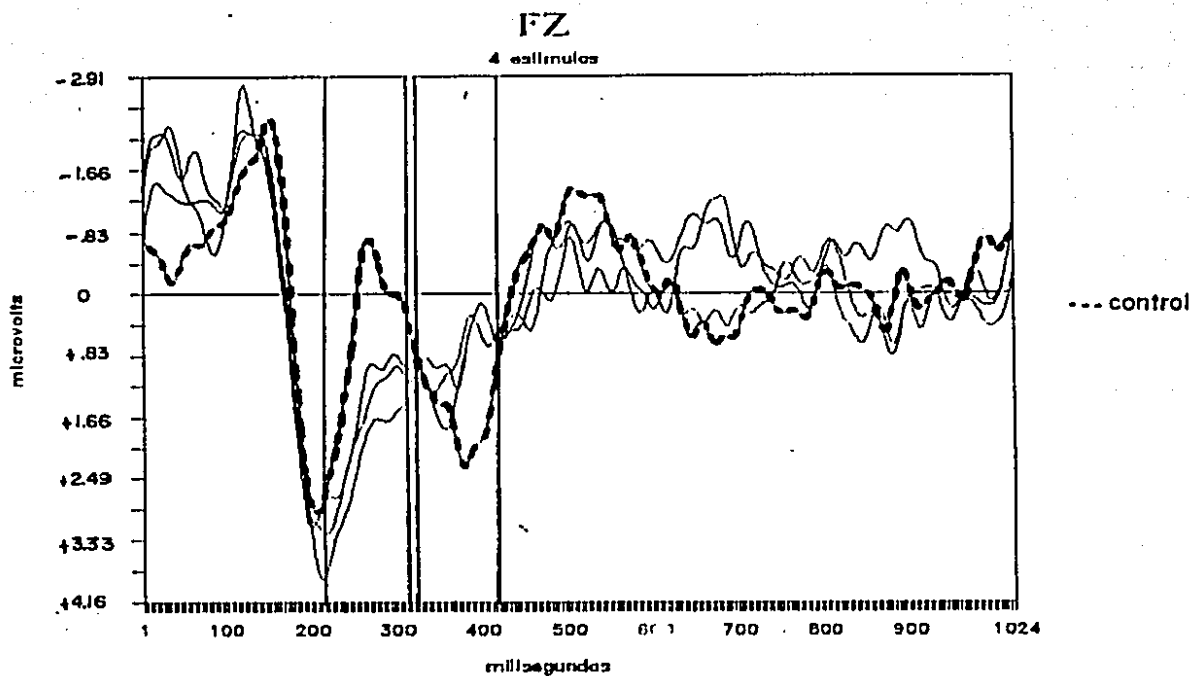


Fig. 4 PREs promedio obtenidos en Fz ante los 4 estímulos. El estímulo control produjo una mayor negatividad a los 270 ms, la cual resultó significativamente diferente de los tres estímulos verbales. En esta y las siguientes figuras se muestran las ventanas de latencia utilizadas en el análisis de varianza.

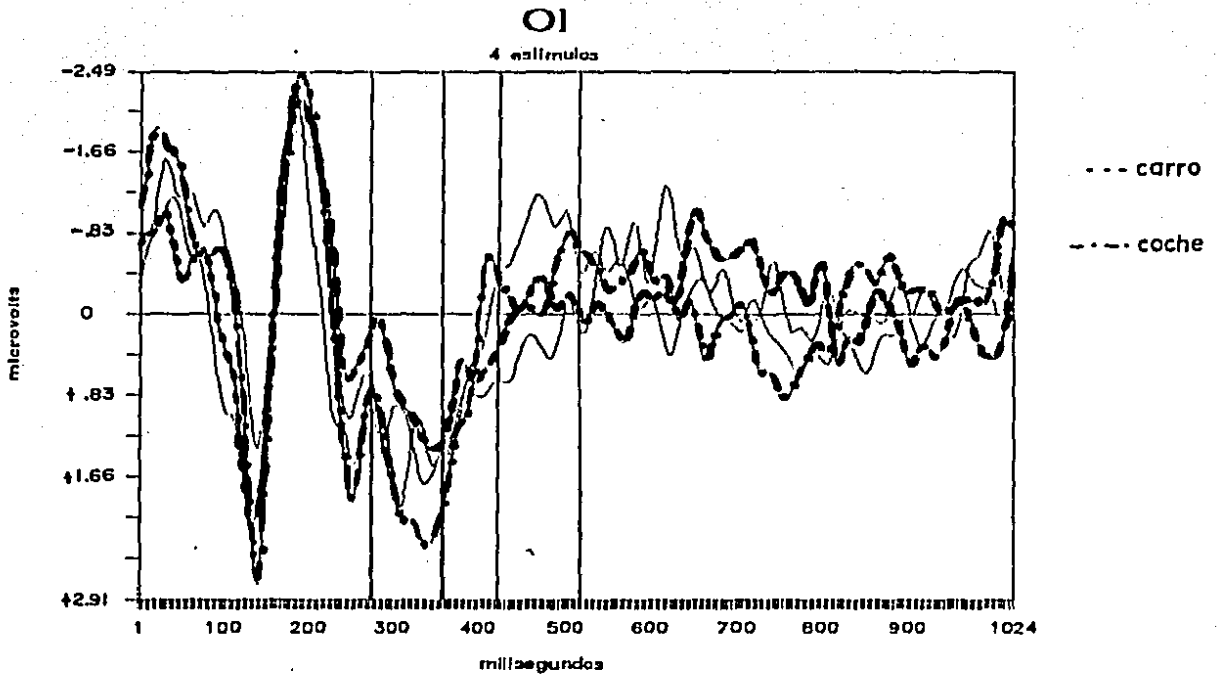


Fig. 5 PREs promedio obtenidos en O1 ante los cuatro estímulos. No se encontraron diferencias significativas entre los cuatro estímulos.

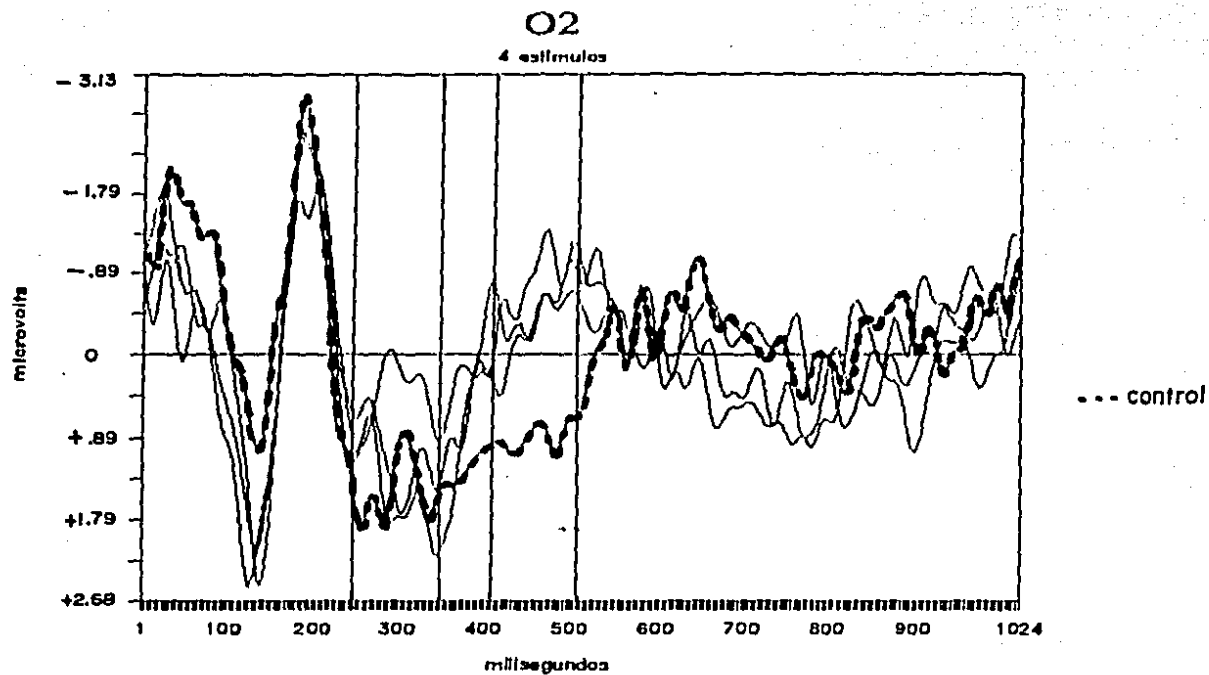


Fig. 6 PREs promedio obtenidos en O2 ante los cuatro estímulos. No se encontraron diferencias significativas entre los cuatro potenciales.

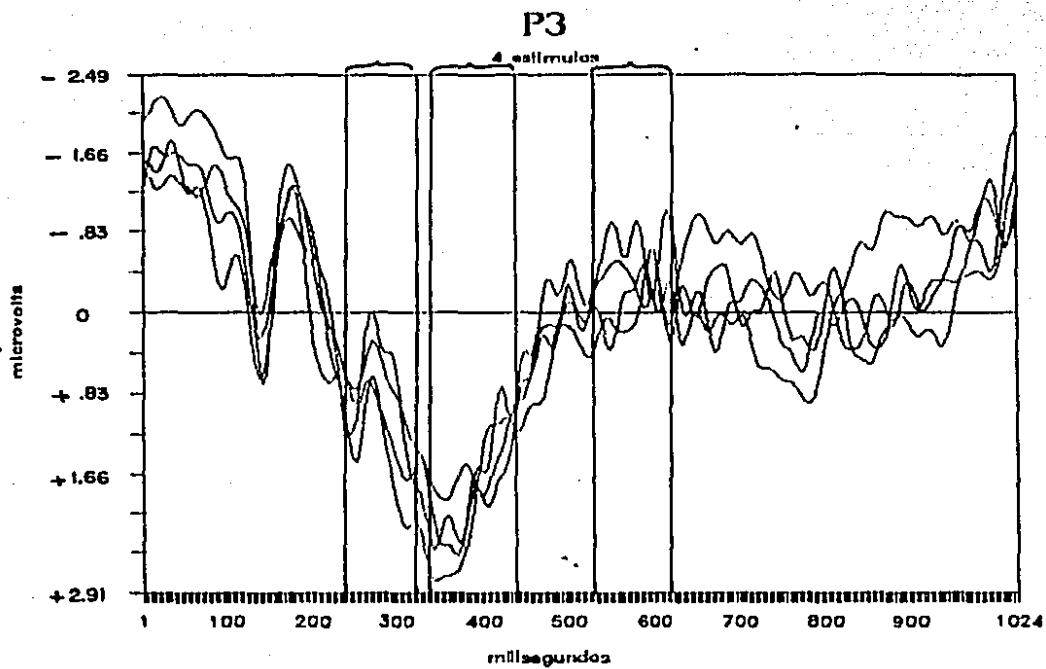


Fig. 7 PREs promedio obtenidos en P3 ante los cuatro estímulos. No existen diferencias significativas entre los cuatro potenciales.

P4

4 estímulos

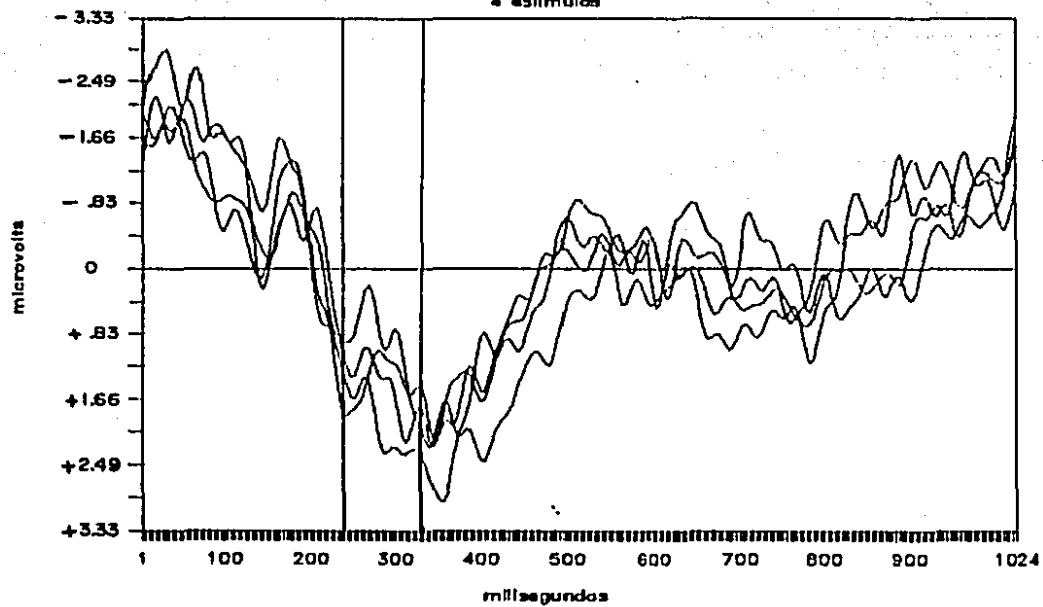


Fig. 8 PREs promedio obtenidos en P4 ante los cuatro estímulos. No hay diferencias significativas entre los cuatro potenciales.

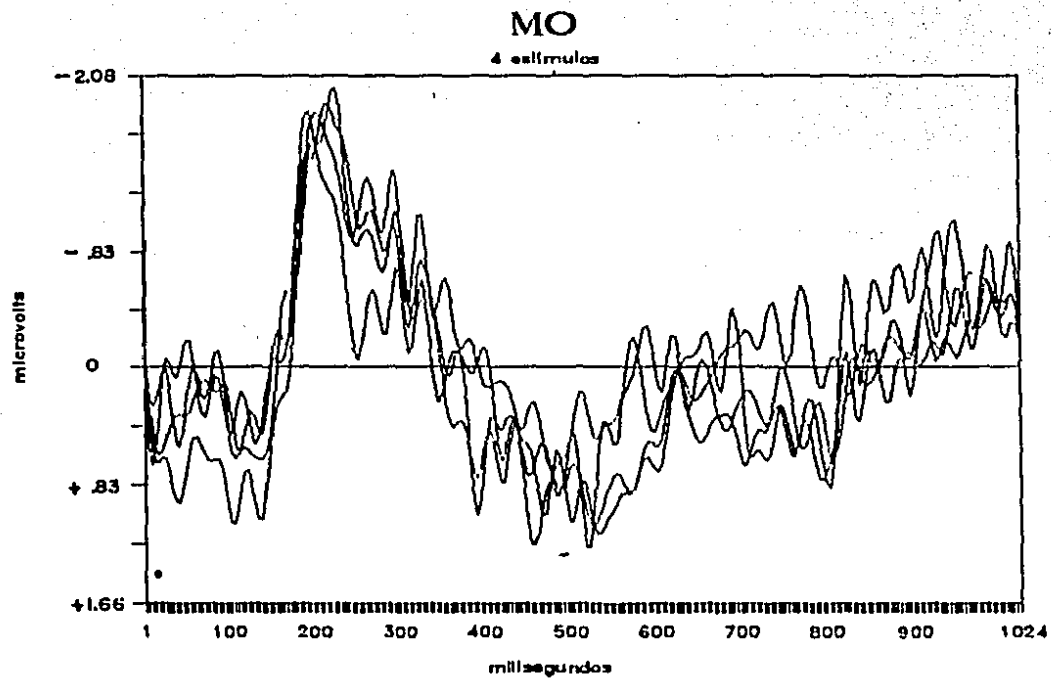


Fig. 9 Promedios de los mov. oculares asociados a los 4 estímulos.

FZ CONTROL

5 sujetos

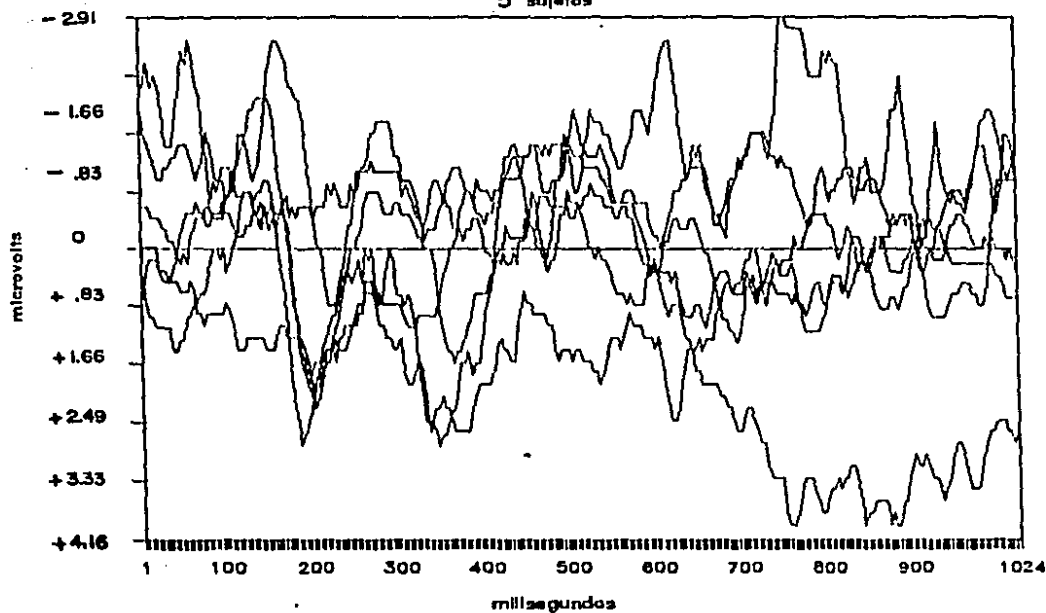


Fig. 10 Potenciales promedio de 5 sujetos obtenidos ante el estímulo control en la zona Fz.

BIBLIOGRAFIA

- Ardila, A. & Ostrosky, F. (1984). The Right Hemisphere: Neurology and Neuropsychology. Monographs in Neuroscience, Vol.1 Gordon and Breach.
- Brown, W.S., Marsh, J.T. & Smith, J.C. (1976). Evoked potential waveform differences produced by the perception of different meanings of an ambiguous phrase. EEG and Clin. Neurophysiol., 41, 113-123.
- Brown, W.S., Marsh, J.T. & Smith, J.C. (1973). Contextual-meaning effects on speech-evoked potentials. Behav. Biol., 9, 755-761.
- Brown, W.S. & Lehmann, D. (1979). Linguistic meaning-related differences in ERP scalp topography. En D.Lehmann & E.Callaway (Eds.), Event-Related Potentials in Man: Applications and Problems, New York: Plenum Press, pp. 31-42.
- Brown, W.S., Marsh, J.T. & Smith, J.C. (1979). Principal component analysis of ERP differences related to the meaning of an ambiguous word. EEG and Clin. Neurophysiol., 46, 709-714.
- Brown, W.S. & Marsh, J.T. (1980). Linguistic meaning related differences in evoked potential topography: English, Swiss-German, and imagined. Brain and Language, 11, 340-353.
- Callaway, E. & Halliday, R.A. (1973). Evoked potential variability: Effects of age, amplitude and methods of measurement. EEG and Clin. Neurophysiol., 34, 125-133.
- Chapman, R., McCrary, J.W., Chapman, J.A. & Martin, J.K. (1980). Behavioral and neural analyses of connotative meaning: Word classes and rating scales. Brain and Language, 11, 319-339.

- Desmedt, J.E. (1977). Language and Hemisphere Specialization in Man: Cerebral ERPs. Progress in Clinical Neurophysiology (vol.3) Basel: Karger.
- Donchin, E., Kutas, M., & McCarthy, G. (1977). Electrocortical indices of hemisphere utilization. En S. Harnard, R. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes, & G. Krauthamer (eds.), Lateralization in the Nervous System. New York: Academic Press, pp. 339-384.
- Donchin, E., Ritter, W.R., & McCallum, C. (1978). Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP. En E. Callaway, P. Tueting & S. Koslow (eds.), Event-Related Potentials in Man. New York. Academic Press.
- Ellingson, R.J., Lathrop, G.H. Danahy, T., & Nelson, B. (1973). Variability of visual evoked potentials in human infants and adults. EEG and Clin. Neurophysiol., 34, 113-124.
- Erwin, R. (1986). Event-related potential indices of ambiguous sentence processing. Brain and Language, 27, 224-238.
- Galambos, R. & Hecox, K. (1977). Clinical applications of the human brain stem responses to auditory evoked potentials. En J. Desmedt (ed.) Auditory Evoked Potentials in Man, Psychopharmacology Correlates of Evoked Potentials. Basel: Karger, pp. 1-19.
- Goto, H., Adachi, T., Utsunomiya, T., & Chen, I.C. (1980). Late positive component (LPC) during semantic information processing in Kanji and Kana words. En C. Barber (ed.), Evoked Potentials, University Park Press, Baltimore.
- Grinberg-Zylberbaum, J. & John, E.R. (1981). Evoked potentials and concept formation in man. Physiol. and Behav., 27, pp. 749-751.
- Harbin, T., Marsh, G. & Harvey, M. (1984). Differences in the late components of the event-related potential due to age and to semantic and non-semantic tasks. EEG and Clin. Neurophysiol., 59, 489-496.
- Harmony, T. (1984). Event-Related Potentials and Hemispheric Specialization. En A. Ardila, & F. Ostrosky (ed.) The Right Hemisphere: Neurology and Neuropsychology. Monographs in Neuroscience, vol. 1, Gordon and Breach.

- Herning, R., Reese, T.J. & Hunt, J.S. (1987). Speech event related potentials reflect linguistic content and processing level. Brain and Language, 30, 116-129.
- Hillyard, S.A. & Woods, D.L. (1979). Electrophysiological analysis of human brain function. En M.S. Gazzaniga. (ed.) Handbook of Behavioral Neurobiology, Vol.2. Plenum Publishing Corporation.
- Hillyard, S.A. (1985). Electrophysiology of human selective attention. TINS, 8(9), 400-405.
- John, E.R., Herrington, S. & Sutton, S. (1967). Effects of visual form on the evoked response. Science, 155, 1439-1442.
- John, E.R. & Thatcher, R.W. (1977). Functional Neuroscience vol.II, Neurometrics. Lawrence Erlbaum Assoc, New Jersey.
- Johnston, J., Galin, D., Fein, G., Yingling, C., Herron, J. & Marcus, M. (1984). Regional brain activity in dyslexic and control children during reading tasks: visual probe event-related potentials. Brain and Language, 21, 233-254.
- Johnston, V.S., & Chesney, G.L. (1974). Electrophysiological correlates of meaning. Science, 186, 944-966.
- Karlin, L. & Martz, M. (1973). Response probability and sensory evoked potentials. En S. Kornblum (ed.), Attention and Performance, vol.IV. New York: Academic Press.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980a). Reading between the lines: Event-related brain potentials during natural sentence processing. Brain and Language, 11, 354-373.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980b). Event related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. Biol. Psychol., 11, 99-116.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1984). Event related potentials in cognitive science. En M.S. Gazzaniga, (ed.) Handbook of Cognitive Neuroscience. New York: Plenum.
- Luria, A.R. (1977). Las Funciones Corticales Superiores en el Hombre. Editorial Orbe, La Habana.

- Marsh, J.T. & Brown, W.S. (1977). Evoked potential correlates of meaning in the perception of language. En J. Desmedt (ed.), Language and Hemispheric Specialization in Man: Cerebral Event-Related Potentials. Progress in Clinical Neurophysiology, Vol.3, Basel: Karger.
- Megala, A.L., & Teyler, T.J. (1978). Event-related potentials associated with linguistic stimuli: Semantic vs. lower-order effects. En D.A. Otto (ed.) Multidisciplinary Perspectives in Event-Related Brain Potential Research. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.
- McCallum, W.C., Farmer, S.F. & Pocock, P.U. (1984). The effects of physical and semantic incongruities on auditory event-related potentials. EEG and Clin. Neurophysiol., 59, 477-488.
- Molfese, D.L. (1978a). Electrophysiological correlates of categorical speech perception in adults. Brain and Language, 5, 25-35.
- Molfese, D.L. (1978b). Left and right hemisphere involvement in speech perception: Electrophysiological correlates. Perception and Psychophysics, 23, 237-243.
- Molfese, D.L. (1980). The phoneme and the engram: Electrophysiological evidence for the acoustic invariant in stop consonants. Brain and Language, 9, 372-376.
- Naatanen, R. (1982). Processing negativity-evoked-potential reflection of selective attention. Psychol. Bull., 92, 605-640.
- Neville, H.J. (1980). Event-related potentials in neuropsychological studies of language. Brain and Language, 11, 300-318.
- Osgood, C.E., & McGuigan, F.J. (1973) Psychophysiological correlates of meaning: Essences or tracers? En: F.J. McGuigan & R.A. Schoonover (Eds.) The Psychophysiology of Thinking. New York: Academic Press. pp. 449-483.
- Picton, T.W., & Stuss, D.T. (1984). Event-Related Potentials in the Study of Speech and Language: A Critical Review. En Caplan, Lecours & Smith (ed.), Biological Perspectives on Language.
- Regan, D. (1972). Evoked Potentials in Psychology, Sensory Physiology, and Clinical Medicine. London: Chapman and Hall.

- Samar, V.J., & Berent, G.P. (1986). The syntactic priming effect: Evoked response evidence for a prelexical locus. Brain and Language, 28, 250-272.
- Shelburne, S.A. (1973). Visual evoked responses to language stimuli in normal children. EEG and Clin. Neurophysiol., 34, 135-143.
- Smith, D.B.D., Donchin, E., Cohen, L. & Starr, A. (1970). Auditory average evoked potentials in man during binaural listening. EEG and Clin. Neurophysiol., 28, 146-152.
- Sutton, S., Braren, M., & Zubin, J. (1965). Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. Science, 150, 1187-1188.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E.R. (1967). Information delivery and the sensory evoked potential. Science, 155, 1436-1439.
- Tepas, D.I., Guteras, V.L., & Klingaman, R.L. (1974). Variability of the human average evoked brain response to visual stimulation: A warning!. EEG and Clin. Neurophysiol., 36, 533-537.
- Thatcher, R.W. & April, R.S. (1976). Evoked potential correlates of semantic information processing in normals and aphasics. En R.W.Rieber (ed.) The Neuropsychology of Language. Plenum Press, New York.
- Thatcher, R.W. (1980). Neurolinguistics: Theoretical and evolutionary perspectives. Brain and Language, 11, 235-260.
- Thickbroom, G.W., Mastaglia, F.L. & Carroll, W.M. (1984). Spatio-temporal mapping of evoked cerebral activity. EEG and Clin. Neurophysiol., 59, 425-431.
- Vaughan, H.G. (1982). The Neural Origins of Human Event-Related Potentials. En I. Bodis-Wollner (ed.), Evoked Potentials. Annals of the New York Academy of Sciences. Vol. 388.
- Walter, G. (1964). Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in human brain. Nature, 203, 380-384.