

CONTRIBUCION DE LOS POTENCIALES EVO- CADOS A LA POLÉMICA SOBRE DOMINANCIA HEMISFÉRICA EN HABLANTES POLÍGLOTAS

FRANCISCO BARCELÓ^{1,2}, M^a ELENA DE LA PEÑA², CRISTINA AYUSO²,
JOSÉ A. PORTELLANO¹ Y FRANCISCO J. RUBIA^{2*}

¹ Departamento de Psicobiología,
Universidad Complutense de Madrid,

² Unidad de Cartografía Cerebral,
Instituto Pluridisciplinar Complutense, (Madrid)

Resumen

La técnica de los potenciales evocados (PE) es empleada en este estudio para evaluar la hipótesis de la posible especialización del hemisferio derecho en el procesamiento del segundo idioma en sujetos políglotas. Para ello se estudiaron las diferencias hemisféricas en la amplitud y la latencia del componente N400 del PE durante la presentación visual de palabras en español y en inglés en una muestra de sujetos con un nivel alto de bilingüismo. Una tercera condición control consistió en la presentación visual de símbolos sin contenido semántico. La onda N400 fue medida en quince áreas cerebrales diferentes, lo que permitió evaluar el procesamiento semántico en varias áreas de cada hemisferio simultáneamente. Los resultados obtenidos son consistentes con la hipótesis de una especialización mayor del hemisferio izquierdo para la segunda lengua tanto como para la lengua materna. Estos resultados se discuten en relación con la contribución de la técnica de los PEs en la neuropsicología del bilingüismo.

Palabras clave: Dominancia cerebral, potenciales evocados, bilingüismo, neuropsicología.

Abstract

Brain event-related potentials (ERPs) were employed to assess the hypothesis of a right-hemisphere specialization in the processing of the second language. To this end, hemispheric differences in the amplitude and latency of the N400 component of the ERP were measured during the visual presentation of Spanish words and English words in a sample of left-hemisphere dominant bilinguals. One control condition consisted on the visual presentation of letter-like forms with no semantic content.

The N400 wave of the ERP was measured from fifteen different brain areas, in order to assess semantic processing in these brain areas of both hemispheres simultaneously. Results are consistent with the hypothesis of a stronger left-hemisphere specialization for the second language as much as for the mother tongue. These results are discussed in terms of the possible contribution of ERP methodology to the neuropsychology of bilingualism.

Key words: Brain dominance, event-related potentials, bilingualism, neuropsychology.

Introducción

Numerosos estudios experimentales y clínicos han hallado diferencias en la lateralización hemisférica de las funciones lingüísticas en los hablantes políglotas, lo que ha promovido la hipótesis de que la organización cerebral para el lenguaje en un hablante bilingüe es distinta de la de un monolingüe (Vaid y Lambert, 1979; Vaid, 1983; Albanese, 1985). Concretamente, en un influyente trabajo, Albert y Obler (1978) recopilaron gran cantidad de datos en apoyo de la hipótesis de una mayor participación del hemisferio derecho (HD) que del hemisferio izquierdo (HI) en la adquisición y utilización de una segunda lengua (L2) (Albert y Obler, 1978; Gordon, 1980; Sussman, Franklin y Simon, 1982; Magiste, 1987). No obstante, a pesar de tratarse de una referencia histórica en el ámbito de la neuropsicología del bilingüismo, la hipótesis de Albert y Obler (1978) ha sido cuestionada basándose en argumentos de tipo conceptual, teórico y metodológico.

Por un lado, sucesivos trabajos de revisión (Manga y Sánchez, 1989; Zatorre, 1989) han puesto de relieve la complejidad que reviste el estudio neuropsicológico del bilingüismo. La definición misma de bilingüismo demanda una clarificación de los aspectos relativos a la interacción entre las dos lenguas, la edad de adquisición, el estadio de aprendizaje, o el grado de competencia. Todas estas variables inciden sobre la cuestión de la lateralidad, y han generado una taxonomía que en ocasiones puede hacerse inabarcable (ver Manga y Sánchez, 1989). Por ejemplo, estudios longitudinales sugieren diferencias en los patrones de lateralización de bilingües tempranos y tardíos. Se aduce que si L2 se adquiere después de la pubertad estará menos lateralizada que si se adquiere tempranamente, debido a una mayor independencia funcional entre la lengua materna (L1) y L2 en la edad adulta (Magiste, 1987). Estas revisiones dan cuenta de la tremenda complejidad de los sistemas lingüísticos cerebrales, y sugieren que la hipótesis inicial de Albert y Obler (1978) es menos generalizable de lo que se pensó en un primer momento.

Con todo, la mayor parte de las inconsistencias en la literatura, y por ende, de las críticas, ha sido atribuida a aspectos de tipo metodológico relativos a la técnica empleada para explorar la lateralidad hemisférica. Y es que la mayoría de la evidencia sobre lateralización ha sido aportada con técnicas de escucha dicótica y presentación visual taquistoscópica de material semántico (Bergh, 1989; Paradis, 1989; Zatorre, 1989).

En particular, se ha cuestionado la validez y la fiabilidad de los datos aportados por los estudios de escucha dicótica y taquistoscópicos que son utilizados para hacer inferencias sobre la lateralización cerebral de procesos de lenguaje. Tales estudios emplean una información indirecta, sesgada, difícilmente cuantificable y poco generalizable sobre la mayor o menor lateralización hemisférica de los procesos del lenguaje (Bergh, 1989). Tanto Paradis (1989) como Zatorre (1989) abogan por el empleo de técnicas neurofisiológicas que aportan una validez mayor y una fiabilidad igual o superior a los métodos de la neuropsicología clínica convencional. Dos de las técnicas neurofisiológicas más empleadas en los últimos años en el estudio de los procesos cerebrales del lenguaje son los potenciales evocados (PE) y la tomografía por emisión de positrones (PET).

La tomografía por emisión de positrones (PET) es una de las técnicas de neuroimagen más prometedoras en el estudio de las áreas cerebrales asociadas con cada uno de los subprocesos del lenguaje. En un estudio PET reciente, Petersen y colaboradores (1990) diseñaron una tarea con cuatro condiciones diferentes, a saber, (i) palabras reales, (ii) pseudopalabras que respetan las reglas sintácticas de escritura pero no tienen ningún significado, (iii) grupos de letras sin estructura sintáctica, y (iv) cadenas de símbolos con apariencia de letras pero sin correspondencia fonémica alguna. Estos autores midieron la activación del metabolismo de la glucosa cerebral durante el procesamiento de las propiedades visuales del estímulo (presentes en i-iv), del procesamiento ortográfico y fonético (presentes en i-ii), y durante el procesamiento léxico-semántico (presente sólo en i). Los resultados PET demostraron que los centros de la codi-

ficación ortográfica están situados en la cara medial del córtex extraestriado izquierdo; parte de la codificación semántica del lenguaje se realiza en el córtex prefrontal inferior izquierdo; y a la codificación fonológica y articularia contribuyen varias estructuras de la confluencia fronto-temporo-parietal izquierda.

Hoy por hoy, el PET aporta la información más precisa sobre la localización de los procesos lingüísticos en el cerebro. Sin embargo, se trata de una metodología costosa y difícilmente asequible. Por el contrario, la técnica de los potenciales evocados (PE) es una de las más utilizadas en el estudio de los procesos del lenguaje por su idoneidad, su alta resolución temporal, y su asequibilidad (Bergh, 1989). Aunque los estudios PE sobre bilingüismo son escasos, muchos estudios sobre comprensión lingüística han examinado el componente N400 del PE, una onda de negatividad que aparece unos 400 ms tras la presentación visual o auditiva de material semántico, y se supone que está relacionada con los procesos de análisis lingüístico (Kutas y Hillyard, 1989; Curran, Tucker, Kutas y Posner, 1993; Mills, Coffey-Corina y Neville, 1993; Rugg, Doyle y Holdstock, 1994).

El objetivo de este estudio es indagar la utilidad de la técnica PE y su posible contribución al problema de la especialización del hemisferio derecho en la descodificación semántica de la segunda lengua en sujetos políglotas de español e inglés. A diferencia del bilingüe puro, el políglota adquiere la segunda lengua durante más tardíamente y durante la escolarización. Esto no supone un obstáculo para contrastar la hipótesis de Albert y Obler (1978). Más bien al contrario: una mayor independencia funcional entre L1 y L2 en sujetos políglotas debería traducirse en diferencias en la activación cerebral de las áreas dominantes para una y otra lengua (Magiste, 1987). Con el propósito de contrastar esta hipótesis se midió el componente N400 del potencial evocado en quince áreas cerebrales para evaluar la activación hemisférica diferencial durante la lectura de palabras en español, palabras en inglés, y durante la presentación visual de símbolos sin contenido semántico. El paradigma experimental empleado fue el de facilitación (*priming*) semántica, que ha sido empleado con éxito en numerosas ocasiones para analizar diversos aspectos de acceso léxico (Ortells y Tudela, 1992; Kutas y Hillyard, 1993; Pratarelli, 1994). Tanto en el diseño de la tarea semántica como en el planteamiento de las hipótesis neuroanatómicas se tomaron como referencia los resultados de Petersen y colaboradores (1990).

Método

Sujetos

Tomaron parte 15 voluntarios, de los cuales 7 eran mujeres, de edades comprendidas entre los 24 y 34 años (media= 27,2; SD=3,2 años). Todos los sujetos eran diestros de ojo, mano y pie según el test de lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971). La muestra se seleccionó entre estudiantes post-graduados y post-doctorales vinculados a las actividades científicas del Instituto Pluridisciplinar Complutense, y cuya primera lengua era el castellano. En una preselección, se solicitaron candidatos que emplearan el idioma inglés de forma cotidiana en su labor científica y profesional. De un total de 38 candidatos que cumplieron este requisito, fueron finalmente seleccionados únicamente aquellos que también cumplieron otros tres requisitos adicionales: a) haber comenzado la adquisición del inglés antes de los 12 años; b) haber alcanzado un nivel académico igual o superior al *Cambridge First Certificate*; c) haber cursado estudios de inmersión en idioma inglés de al menos 3 meses durante los últimos dos años.

Estímulos

Los estímulos fueron 20 dibujos en color de otros tantos objetos, así como también sus nombres respectivos en español e inglés. Las palabras constaban de dos o tres sílabas y eran

nombres de uso frecuente tanto en inglés (Francis y Kucera, 1982), como en español (ver Lista). Tanto las palabras como los 20 objetos denotados por estas palabras fueron dibujados con un programa de diseño gráfico. Además, se dibujaron otros 20 estímulos control consistentes en símbolos gráficos contruidos *ad hoc*, y sin contenido ortográfico o semántico alguno. Todos los estímulos fueron presentados en una pantalla de ordenador Super VGA con una resolución de 1024x800 pixels, situada a 70 cm del sujeto experimental.

Procedimiento

La tarea siguió el paradigma de facilitación semántica (*priming*), que ha sido empleada para estudiar la influencia del análisis semántico del primer estímulo en un emparejamiento S1-S2, sobre la respuesta al segundo estímulo del par (Ortells y Tudela, 1992; Pratarelli, 1994). Una condición experimental empleó palabras en español como primer estímulo del par S1-S2, y la otra condición experimental utilizó palabras en inglés. Las dos condiciones experimentales constaron de 40 ensayos S1-S2 palabra-objeto equivalentes (20 para cada idioma), y otros 40 ensayos no equivalentes, en los que se sustituyó el objeto denotado por la palabra por otro objeto distinto. De este modo, todas las palabras tenían la misma probabilidad de ir seguidas por su objeto equivalente como por otro objeto no equivalente. Otros 40 ensayos correspondieron a la condición control con símbolos sin contenido semántico; de modo que el primer estímulo era un símbolo sin contenido semántico, y el segundo estímulo de cada ensayo S1-S2 podía ser de nuevo el mismo símbolo original (emparejamiento equivalente), o bien un objeto o una palabra (apareamientos no equivalentes). De esta forma se aseguró el mismo número y tipo de emparejamientos también en la condición de control agramatical.

Lista

Avión, Cama, Coche, Pelota, Gato, Silla, Nube, Payaso, Perro, Niña, Vestido, Pez, Corazón, Barco, Falda, Flor, Puro, Sol, Reloj, Mano.

La duración del primer estímulo del par fue de 100 ms, y el intervalo entre primer y segundo estímulos fue de 2500 ms. El segundo estímulo permaneció visible hasta la emisión de la respuesta. En total se administraron 40 pares de estímulos por cada una de las tres condiciones experimentales: palabras en español, palabras en inglés y símbolos. Las parejas fueron aleatorizadas y distribuidas en cuatro bloques de 30 ensayos cada uno, con un descanso de unos dos minutos entre cada bloque.

El sujeto debía responder presionando la opción «SI» de un disparador cuando el segundo estímulo del par se correspondiera con el primer estímulo del par, y debía pulsar la opción «NO» en caso contrario. La mitad de los sujetos utilizaron su mano derecha para responder en los dos primeros bloques de ensayos, y cambiaron luego a su mano izquierda. El resto de los sujetos comenzó a responder con su mano izquierda y cambiaron luego a la derecha. Para responder correctamente si existe una asociación entre el primer y segundo estímulo, debe realizarse un procesamiento visual y/o semántico, según el caso, del primer estímulo de cada par. Por lo tanto, debe comprenderse el significado de cada palabra antes de responder correctamente a la aparición del objeto equivalente. A su vez, el símbolo debe ser retenido en memoria visual hasta que aparezca el segundo estímulo del par. Antes de comenzar la tarea experimental, los sujetos tuvieron oportunidad de visualizar y reconocer cada uno de los 20 objetos de la prueba. Además, cada sujeto realizó un periodo de 5 minutos de práctica consistente en 60 ensayos aleatorizados.

Registros electroencefalográficos

Los registros se realizaron en una habitación con aislamiento eléctrico, y con una iluminación tenue (5"1 lux). La luminosidad media de la pantalla durante la presentación de los estímulos era de unos 4 lux. Se emplearon electrodos de estaño montados en un gorro elástico tipo Electrocap (Electrocap International, Inc) en las posiciones F7, Fz, F8, T7, Cz, T8, P7, P3, PO3, Pz, PO4, P4, P8, O1, y O2 del Sistema Internacional 10/20. Los electrodos se referenciaron al promedio obtenido desde mastoides ligados. El electrooculograma (EOG) fue registrado bipolarmente mediante una derivación oblicua desde el canto superior del ojo derecho hasta el canto exterior del mismo ojo. Se empleó un punto de fijación en el centro del monitor del computador para facilitar la fijación ocular y reducir los movimientos oculares.

El EEG fue amplificado mediante un sistema SYNAMPs con filtros de pasa-banda entre 0.1 y 35 Hz con una pendiente en la frecuencia de corte de 12 dB. La señal fue digitalizada a tiempo real a una velocidad de 250 muestras por segundo y almacenada en disco magneto-óptico para su posterior análisis y promediado.

Análisis de los potenciales evocados

La ventana de análisis abarcó desde los 200 ms previos al primer estímulo hasta el momento de la presentación del segundo estímulo de cada par. Los potenciales evocados fueron obtenidos de forma independiente para cada uno de los tres tipos de estímulos, a saber, palabras en español, palabras en inglés, y símbolos. Los potenciales evocados fueron obtenidos sobre una línea base de 100 ms antes de cada estímulo. Los ensayos con respuestas incorrectas, con artefactos musculares, saturación del amplificador, o en los que la actividad EEG superó «75 mV fueron excluidos de los promedios. Tan sólo el 10% de los ensayos tuvo que ser rechazado por estas causas. Cada potencial evocado resultó de promediar unos 35 ensayos (rango de 25 a 38), siendo este promedio igual para cada una de las tres condiciones experimentales.

Variables dependientes

El índice electrofisiológico de procesamiento semántico adoptado fue el componente N400 del PE. Se calculó el punto de amplitud máxima de esta onda en el rango temporal comprendido entre los 400 y los 800 ms tras el primer estímulo del par. Como medida secundaria también se calculó la latencia del pico N400 en las tres condiciones experimentales.

Sobre los datos de amplitud y latencia del componente N400 se aplicó un ANOVA 3x2x6 de medidas repetidas con los factores CONDICION (Español, Inglés, Símbolo), HEMISFERIO (derecho e izquierdo) y ELECTRODO (occipital, parieto-occipital, parietal, parieto-temporal, temporal y frontal). Los grados de libertad fueron ajustados mediante el procedimiento de Greenhouse-Geisser (e) cuando resultó necesario. Las comparaciones *post hoc* entre medias de latencia y amplitud del componente N400 se realizaron mediante la prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples. Para los contrastes de las medidas de tiempo de reacción se empleó la significación estadística de las diferencias de la prueba t para muestras relacionadas.

Resultados

Datos conductuales

Se consideraron correctas las respuestas con latencias comprendidas entre los 200 y los 1000 ms tras la presentación del segundo estímulo del ensayo. El porcentaje de errores cometido fue pequeño (Media= 6%; SD= 1.2%), con un tiempo de reacción promedio de 488 ms y

SD= 81.1 ms. Los valores de tiempo de reacción promedio para cada una de las tres condiciones experimentales, junto con la significación estadística de las diferencias entre pares de condiciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 .-Tiempos de reacción medios (y errores estándar de la media) en milisegundos para cada condición experimental, y significación estadística de las comparaciones t intra-grupo.

	Condición		
	Español	Inglés	Símbolos
	465 (14.2)	487 (21.2)	514 (26.6)
ESPAÑOL INGLÉS		n.s.	$p < 0.01$ $p < 0.01$

Los tiempos de reacción fueron menores para el español que para el inglés, aunque la diferencia de latencia entre ambas condiciones no fue significativa. Como era de esperar, las respuestas a ambas condiciones experimentales fueron más rápidas que para la condición de símbolos sin contenido semántico. Es sabido que las palabras con sentido se analizan y procesan más rápidamente que las letras inconexas, y éstas a su vez más rápidamente que los símbolos sin contenido semántico (Posner y Raichle, 1994).

Amplitud de la N400

Los promedios de actividad eléctrica cerebral de aquellos electrodos donde se obtuvieron diferencias inter-hemisféricas significativas se muestran en la Figura 1. El análisis de la amplitud máxima de la onda N400 mostró un efecto significativo para el factor Condición, $F(2/28)= 34.74$, $p<0.001$, $e=0.64$. Los contrastes *post hoc* revelaron diferencias significativas entre ambas condiciones verbales y la de símbolos, $F(1/14)= 56.13$, $p< 0.001$, pero no entre las dos condiciones verbales.

La interacción entre Condición y Hemisferio resultó significativa, $F(2/28)= 5.87$, $p< 0.01$, $e=0.75$. Los contrastes *post hoc* pertinentes mostraron que tal interacción fue debida a una mayor amplitud de la onda N400 para el idioma inglés en el HI comparado con el HD, $F(1/14)= 12.79$, $p<0.001$, tal como se aprecia en las puntuaciones medias de la Tabla 2. Pero no se encontraron diferencias en la amplitud N400 entre español e inglés en ninguno de los dos hemisferios, $F(1/14)< 1$. Los valores de amplitud de la N400 para el inglés son más negativos en el HI lo cual sugiere una mayor lateralización de L2 en ese hemisferio en este caso.

La interacción triple entre Condición, Hemisferio y Electrodo, también resultó significativa, ($F(10/140)= 11.90$, $p<0.001$, $e=0.35$), lo cual indica que las diferencias inter-hemisféricas para el idioma inglés estuvieron localizadas en los electrodos F7, $F(1/14)= 26.67$, $p<0.0001$, y T7, $F(1/14)= 8.34$, $p<0.01$, tal como se observa en la Figura 1. Por lo tanto, los datos son consistentes con la hipótesis de que estas diferencias en la actividad eléctrica cerebral tengan su origen en torno al área de Wernicke, en la cara dorsal del lóbulo temporal izquierdo.

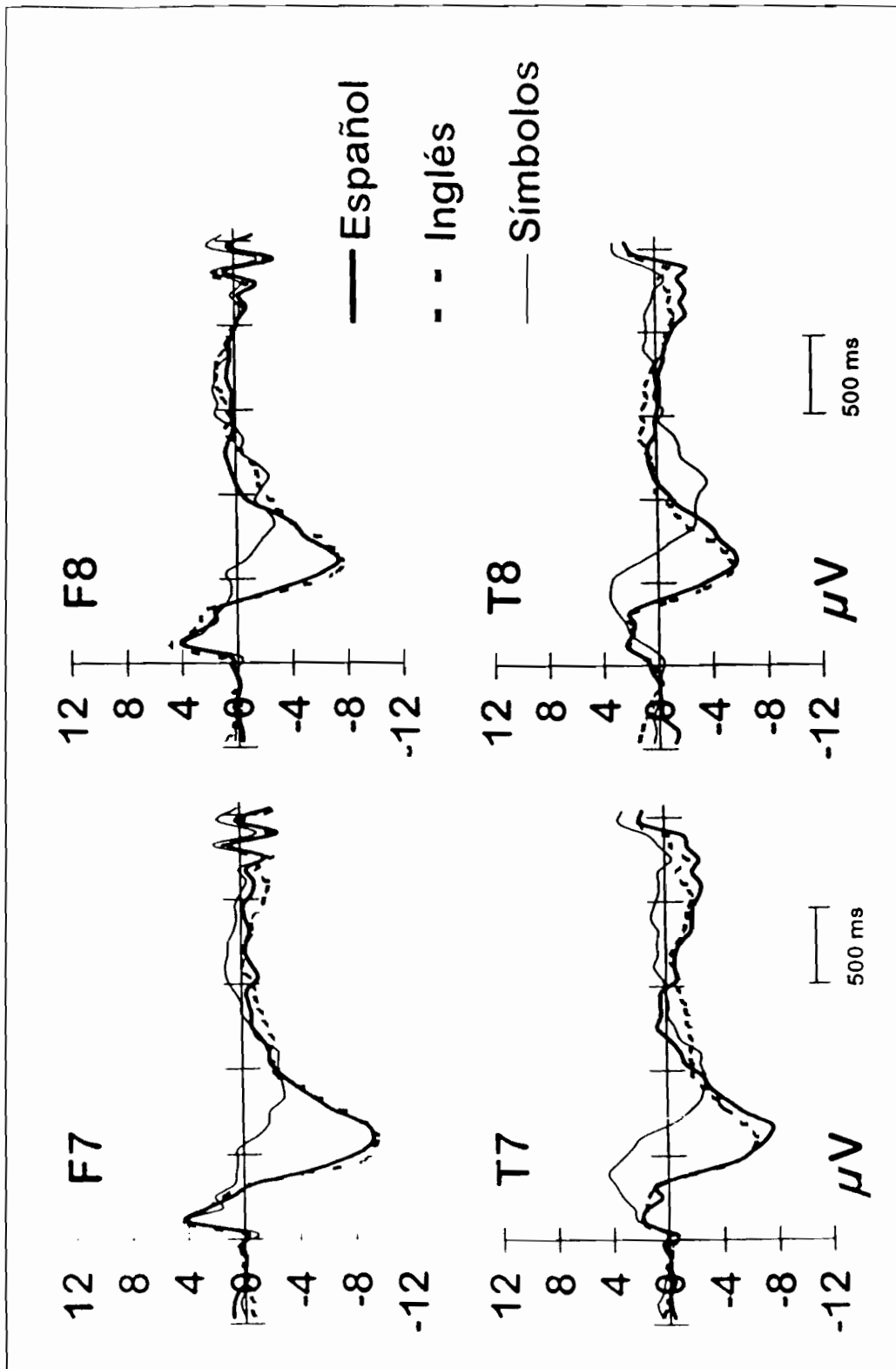


Figura 1.- Potenciales evocados visuales obtenidos en las posiciones F7, F8, T7 y T8 del sistema 10/20 en respuesta a la presentación visual de palabras en español, palabras en inglés y símbolos sin contenido semántico

Latencia de la N400

Los resultados globales para los datos de latencia se presentan en la Tabla 3. Un efecto significativo para el factor Condición, $F(2/28)= 196.31$, $p<0.0001$, $e=0.78$, fue debido tanto a las diferencias en latencia entre las condiciones verbales y los símbolos, $F(1/14)= 43.03$, $p<0.0001$, como entre las condiciones de español e inglés, $F(1/14)= 16.41$, $p<0.001$.

Tabla 2.- Amplitudes medias del componente N400 (y errores estándar de la media) en milivoltios para cada una de las tres condiciones experimentales y en cada hemisferio

	Condición		
	Español	Inglés	Símbolos
H IZQUIERDO	-7.43 (0.4)	-7.97 (0.27)	-2.72 (0.26)
H DERECHO	-7.45 (0.18)	-7.19 (0.26)	-2.58 (0.24)

Tabla 3.- Puntuaciones medias de la latencia del componente N400 en cada condición experimental y en cada hemisferio (en milisegundos)

	Condición		
	Español	Inglés	Símbolos
H IZQUIERDO	762.3 (6.9)	714.5 (5.9)	870.3 (4.1)
H DERECHO	764.5 (5.3)	742.9 (3.7)	868.0 (8.3)

La interacción entre Condición y Hemisferio resultó significativa, $F(2/28)= 26.78$, $p<0.001$, $e=0.91$. Esta interacción fue debida a una mayor latencia de la N400 para el idioma español frente al inglés en el HI pero no en el HD, $F(1/14)= 35.88$, $p<0.0001$. La interacción triple entre Condición, Hemisferio y Electrodo resultó significativa, $F(10/140)= 3.69$, $p<0.01$, $e=0.37$, indicando que las diferencias halladas en la latencia N400 estuvieron centradas en los electrodos P7, $F(1/14)= 41.2$, $p<0.0001$; y PO3, $F(1/14)= 23.14$, $p<0.0001$, según mostraron los correspondientes análisis de efectos simples.

La diferencia promedio entre la latencia pico de la onda N400 para el español y el inglés fue de 47.8 ms en el HI, y de 21.6 ms en el HD. Por otra parte, no se encontraron diferencias inter-hemisféricas para la latencia N400 del español, pero sí para la latencia N400 del inglés, $F(1/14)= 74.60$, $p<0.0001$, tal como puede apreciarse en la Tabla 3.

Discusión

El objetivo de este estudio era analizar, utilizando la técnica de los potenciales evocados, la supuesta especialización del hemisferio derecho en el procesamiento semántico de L2 (en este caso el idioma inglés), en una muestra de adultos con un dominio alto de una segunda lengua. Con este propósito se empleó el paradigma experimental de la facilitación semántica (priming), y se comparó la presentación visual de palabras en inglés y de palabras en castellano con una tercera condición de símbolos sin sentido.

Los resultados obtenidos son consistentes con una mayor lateralización del procesamiento semántico en el hemisferio izquierdo tanto para L1 como también para L2. Así, los valores de amplitud de la onda N400 para el caso del inglés fueron significativamente más negativos en el HI que en el HD, tal como se aprecia en la Figura 1. Esta mayor negatividad del componente N400 es interpretable en términos de una lateralización preferencial de los procesos de comprensión semántica en el hemisferio izquierdo. Las diferencias inter-hemisféricas fueron significativas en las áreas fronto-temporal y temporal, lo cual es consistente con una representación de los procesos de comprensión semántica en el área de Wernike. Las diferencias en magnitud del componente N400 entre L1 y L2 podrían sugerir una mayor dificultad en la comprensión de L2, ya que el bilingüismo de nuestra muestra no es completo. Por otra parte, las diferencias encontradas en la amplitud de la N400 entre ambas condiciones semánticas y la condición de los símbolos son interpretables como una completa ausencia de procesamiento semántico durante la visualización de símbolos agramaticales.

Nuestros datos de amplitud del componente N400 son consistentes con la evidencia de otros muchos estudios recientes, que apuntan a que L2 también está lateralizado en HI. Al igual que en el estudio de Petersen y colaboradores (1990), encontramos una mayor activación (negatividad) N400 en el área frontal izquierda, lo que sugiere que este área está implicada en el procesamiento semántico de palabras sueltas. En muchos estudios que han utilizado el test de Wada, se ha constatado que tras inyectar amital en la arteria cerebral media derecha no aparecen trastornos en el lenguaje. Por contra, la inyección de amital en la arteria cerebral media izquierda sí que produce arresto del lenguaje tanto en L1 como en L2. Ello indica que ambos idiomas se encuentran lateralizados en el hemisferio izquierdo (Berthier y cols., 1990; Chernigovskaia, 1992; Gómez-Tortosa, 1995). En un estudio reciente, Gómez-Tortosa y colaboradores (1995) presentaron evidencia clínica de que aunque tanto L1 como L2 tienen representaciones neuroanatómicas separadas, ambos están representados en el área perisilviana izquierda. Sus datos sugieren que diferentes lenguajes están representados en regiones cerebrales diferentes, incluso solapadas, pero lateralizadas en el HI para sujetos con dominancia manual diestra.

Los datos de latencia del componente N400 también presentan efectos significativos centrados en las regiones parieto-temporal y parieto-occipital izquierdas. Se observó que el pico de máxima negatividad de la onda N400 aparece más tarde durante la presentación de palabras en castellano que durante la presentación de palabras en inglés, y esta diferencia es significativa sólo en HI. Existen al menos dos hipótesis alternativas que podrían dar cuenta de estas diferencias en latencia. Una es que los sujetos muestren una mayor alerta frente a L2, lo cual provocaría una reacción más rápida en la respuesta de análisis semántico. Contrariamente, un conocimiento más profundo de L1 conllevaría una menor alerta, y por ende, un tiempo más dilatado en el análisis semántico del vocablo, y de ahí las diferencias en latencia del pico de amplitud máxima del componente N400.

Sin excluir la anterior explicación, observaciones recientes sugieren que estructuras de ambos hemisferios juegan un papel importante en relación con la lengua materna, mientras que L2 está más localizada en estructuras del HI (Chernigovskaia, 1992). Desde este punto de vista, es plausible que nuestras diferencias en latencia N400 entre L1 y L2 estén producidas por el efecto de la conducción transcallosa. Así pues, el efecto de la conducción transcallosa sobre el pico

máximo de negatividad N400 sería inapreciable en el caso de L1, puesto que está más extendido por ambos hemisferios. Por el contrario, los efectos serían apreciables para L2, si éste se encuentra más localizado en HI. Esta hipótesis viene también respaldada por la falta de diferencias significativas inter-hemisféricas en la amplitud N400 para el caso del castellano.

En cualquier caso, está claro que las diferencias en latencia y en amplitud N400 entre L1 y L2 sólo se presentaron en el hemisferio izquierdo. Por lo tanto, los datos aportados en este estudio apuntan a que el substrato neurofisiológico de L2 está ubicado en HI. Incluso podría afirmarse que la lateralización izquierda de la comprensión semántica de palabras para L2 es igual o mayor que para L1 (Chernigovskaia, 1992). Así también, los datos de Gómez-Tortosa y colaboradores (1995) sugieren que el substrato anatómico para la representación tanto de L1 como de L2 se encuentra en el área perisilviana izquierda, en áreas contiguas y casi solapadas. Esta conclusión es consistente con recientes observaciones clínicas y experimentales obtenidas mediante técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética nuclear (Gómez-Tortosa y cols., 1995).

Ciertamente, sería necesario un nuevo estudio experimental para determinar cuál de estas explicaciones es la correcta, sin olvidar que el nivel de adquisición de la segunda lengua influirá siempre los resultados. Y es que la definición misma de bilingüismo es compleja y depende de factores tales como la interacción entre las dos lenguas, la edad de adquisición, el estadio de aprendizaje, o el grado de competencia.

Conclusiones

En vista de los resultados obtenidos podemos concluir que el componente N400 del potencial evocado aporta una valiosa información sobre los procesos de adquisición y competencia lingüística tanto en muestras normales como clínicas (Kutas y Hillyard, 1989; Curran, Tucker, Kutas y Posner, 1993). El componente N400 del PE ha demostrado ser un índice sensible a diversos aspectos del procesamiento lingüístico, tales como el análisis semántico y el aprendizaje verbal (Kutas y Hillyard, 1989), la valoración de las disfunciones del lenguaje y del desarrollo evolutivo de las capacidades lingüísticas (Mills, Coffey-Corina y Neville, 1993), entre otras.

Por lo tanto, nuestros datos indican que la técnica de los potenciales evocados aporta información importante a la investigación neuropsicológica sobre el substrato neural del bilingüismo. Compartimos la valoración hecha por Bergh (1989) de que los potenciales evocados una técnica metodológicamente válida para el estudio del bilingüismo, dado que representan un método directo para estudiar el cerebro intacto y sano en condiciones normales, y ofrecen condiciones de fiabilidad iguales o superiores a las técnicas experimentales clásicas. En general, los métodos neurofisiológicos tienen un gran potencial por su especificidad, validez y fiabilidad superior en buena medida a los otros métodos. La investigación en neuropsicología sobre bilingüismo se encuentra en un momento histórico idóneo para aunar la evidencia clínica obtenida del estudio de pacientes afásicos políglotas por una parte, y la evidencia aportada por técnicas experimentales clásicas como el examen taquistoscópico y la escucha dicótica, por otra.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado durante el disfrute de una subvención del Ministerio de Educación y Ciencia, DGICYT PB94/0322.

Referencias

- Albanese J.F. (1985) Language lateralization in English-French bilinguals. *Brain and Language*, 24, 284-296.
- Albert M. y Obler L. (1978) *The Bilingual Brain*. Nueva York: Academic Press.
- Bergh G. (1989) Bilingual lateralization: A methodological evaluation. *Investigaciones Psicológicas*, 7, 79-93.
- Berthier M.L., Starkstein S.E., Lylyk P. y Leiguarda R. (1990) Differential recovery of languages in a bilingual patient: A case study selective amygdala test. *Brain and Language*, 38, 449-453.
- Chernigovskaia T.V. (1992) Lateralization of languages in bilinguals. *Journal of Russian and East European Psychology*, 30, 42-56.
- Curran T., Tucker D.M., Kutas M. y Posner M.I. (1993) Topography of the N400: Brain electrical activity reflecting semantic expectancy. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 88, 188-209.
- Francis W.N. y Kucera H. (1982) *Frequency Analysis of English Usage: Lexicon and Grammar*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Gordon H.W. (1980) Cerebral organization in bilinguals: I. Lateralization. *Brain and Language*, 9, 255-268.
- Gómez-Tortosa E., Martín E.M., Gaviña M., Charbel F. y Ausman J.I. (1995) Selective deficit of one language in a bilingual patient following surgery in the left perisylvian area. *Brain and Language*, 48, 320-325.
- Kutas M. y Hillyard S.A. (1989) An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 38-49.
- Magiste E. (1987) Cambios evolutivos en el patrón de lateralización en dos grupos de inmigrantes. *Infancia y Aprendizaje*, 39-40, 27-38.
- Manga D. y Sánchez P. (1989) El bilingüismo en el marco de las asimetrías funcionales hemisféricas. *Investigaciones Psicológicas*, 7, 11-30.
- Mills D.L., Coffey-Corina S.A., y Neville H.J. (1993) Language acquisition and cerebral specialization in 20-month-old infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 317-334.
- Oldfield R.C. (1971) The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Ortells J.J. y Tudela P. (1992) Lateralización cerebral y reconocimiento de estímulos verbales. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 45, 375-383.
- Paradis M. (1989) La lateralización cerebral diferencial en los políglotas: ¡Basta, por favor! *Investigaciones Psicológicas*, 7, 95-105.
- Petersen S., Fox P.T., Snyder A.Z., y Raichle M.E. (1990) Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. *Science*, 249, 1041-44.
- Posner M.I. y Raichle J. (1994) *Images of the Mind*. Nueva York: Scientific American Library.
- Pratarelli M.C. (1994) Semantic processing of pictures and spoken words: Evidence from even related brain potentials. *Brain and Cognition*, 24, 137-157.
- Rugg M.D., Doyle M.C. y Holdstock J.S. (1994) Modulation of event-related brain potentials by word repetition: Effects of local context. *Psychophysiology*, 31, 447-459.
- Sussman H., Franklin P. y Simon T. (1982) Bilingual speech: Bilateral control? *Brain and Language*, 15, 125-142.
- Vaid J. (1983) Bilingualism and brain lateralization. En S.J. Segalowitz (Ed.), *Language Functions and Brain Organization* (pp. 315-339). Nueva York: Academic Press.
- Vaid J. y Lambert W.E. (1979) Differential cerebral involvement in the cognitive functioning of bilinguals. *Brain and Language*, 8, 92-110.
- Zatorre R.J. (1989) On the representation of multiple languages in the brain: Old problems and new directions. *Brain and Language*, 36, 127-147.