

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**Departamento de Psicobiología**



**ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS DEL  
PROCESAMIENTO DE CAMBIOS DE IDIOMA EN  
BILINGÜES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

Eva María Moreno Montes

Bajo la dirección de la doctora

Marta Kutas

**Madrid, 2005**

**ISBN: 84-669-2833-2**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE PSICOBIOLOGÍA

**ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS DEL PROCESAMIENTO DE  
CAMBIOS DE IDIOMA EN BILINGÜES**

Eva María Moreno Montes

Directora: Dra. Marta Kutas  
Universidad San Diego, California (UCSD)

Tutor: Dr. Manuel Martín-Loeches Garrido

Madrid, 2005



*The words I learn now don't stand for things  
in the same unquestioned way they did  
in my native tongue.  
'River' in Polish was a vital sound,  
energized with the essence of riverhood,  
of my rivers,  
of my being immersed in rivers.  
'River' in English is cold – a word without an aura.  
It has no accumulated associations for me,  
and it does not give off the radiating haze of connotation.  
It does not evoke.*

Eva Hoffman (1989)  
Lost in Translation: A Life in a New Language  
New York: Penguin Books

*Las palabras que ahora aprendo no representan a las cosas  
de la forma incuestionable en qué lo hacían  
en mi idioma materno.  
'Río' en Polaco era un sonido vital,  
cargado de energía por la esencia de un río,  
de mis ríos,  
de mi encontrarme sumergida en ríos.  
'Río' en inglés es frío – una palabra sin aura.  
No tiene asociaciones acumuladas para mí,  
y no emite la radiante neblina de la connotación.  
No evoca.*



*A Pablo y Lucía*

## *Agradecimientos*

*A mis padres (Ana y Enrique) y a mis herman@s (Ana, Antonio, Beatriz, Enrique e Inma), que me han apoyado en todas las decisiones, y a los que eché mucho de menos esos 5 años y 4 meses. Y a mis “cuñaditos” (Antonio y Javier).*

*A la gente de Estepona.*

*A Cecilia y Roge, por decirme “vete” y por todo su cariño.*

*A mis compañeros de laboratorio en San Diego, que vieron mi vida cambiar de idioma, as support came in then in a new language (Alessia, David, Heinke, Jelena, Jenny, Julia, Katherine, Kim, Laura, Michael, Paul, Rina, Ron, Sabine, Seana, Teresa, Tom). Y especialmente a Nicole: por dejarme iniciarme con ella en sus experimentos y por convertirse en una amiga entrañable con la que ir “a por” (☺) cafecitos; to Kara: for sharing fascinating MK experiences (☺) and for I learned lots from you while getting a great friend in the bargain as well; and to Esmeralda, vivo ejemplo de code-switching back and forth, una estupenda laboratory peer and a great Country Dancing instigadora.*

*A Lourdes, mi compañera de “coffees”, porque ha sido, y es siempre, un placer hablar contigo y haber sentido tu apoyo todo este tiempo, en español, en inglés, y sin palabras...*

*A mi familia en el extranjero: la comunidad ibérica de San Diego (Pata Negra): Alberto, Alicia, Angels, Annabel, Aurea, Bego, Carmen, Carmelo, Chema, Cristina, Fer, Gador, Javi, José Manuel A., José Manuel V., Juan, Juan Carlos, Juanma, Laura, Luis, Lluís, Lola, Marina, Manuel, Mar, María, Marta, Martín, Mercedes, Miguel H., Miguel M., Pablo, Paco, Paloma, Pedro, Pilar, Rosana, Salva, Sergín, Silvia, Sonia, Soraya, Susana, Thomas (y seguro que me falta alguien...), por las “parties” y las risas ☺ que hacen de la etapa de SD algo inolvidable. A algunos incluso por prestar “gustosos” sus cerebros bilingües a mis experimentos...*

*A los que han hecho posible el regreso: José Antonio y Miguel Angel, y a todos los que desde el Pluri contribuyen a que sea una buena decisión (Alejandro, Clara, José Angel, Mariangel, Marisol, Mercedes, Noelia, Nuria, Paqui y nuestro amigo invisible...).*

*A Manolo, mi tutor, por todo el apoyo antes de irme, durante mi estancia, y a la vuelta.*

*To you Marta, for your trust in me and support. You taught me not only how to do ERPs, but a philosophy of Science and a precious way of thinking that I will never be able to acknowledge enough...*

*Y a Miguel Angel, por decirme “vente”, y por ser el motor de mis sueños...*

## Índice

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>1. MODELOS TEÓRICOS Y ESTUDIOS PREVIOS ACERCA DEL BILINGÜISMO</b> .....	<b>11</b>
1.1. El fenómeno de cambiar súbitamente de idioma.....	11
1.2. Modelo del interruptor o “ <i>switch</i> ” .....	12
1.3. Modelo del continuo de modos de funcionamiento del bilingüe	13
1.4. Interferencia entre idiomas.....	14
1.5. El modelo BIA+ .....	15
1.6. Competencia relativa entre idiomas (paradoja).....	17
<b>2. POTENCIALES EVENTO-RELACIONADOS (ERPS)</b> .....	<b>19</b>
2.1. Descripción general.....	19
2.2. Bases fisiológicas y origen neuronal.....	21
2.3. Ventajas de la técnica de ERPs .....	22
2.4. Aspectos técnicos del registro de ERPs.....	23
2.5. Componentes relevantes del ERP .....	25
2.5.1. P300 y N400 .....	25
2.5.2. P600/SPS y LAN.....	27
<b>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>29</b>
<b>4. PRIMER EXPERIMENTO: CAMBIO LÉXICO VERSUS CAMBIO DE IDIOMA</b> .....	<b>31</b>
4.1. Introducción.....	31
4.2. Materiales y métodos .....	34
4.2.1. Materiales .....	34
4.2.2. Participantes.....	36
4.2.3. Procedimiento .....	37
4.2.4. Registro electrofisiológico y análisis de datos ...	38
4.3. Resultados .....	39
4.3.1. Análisis globales .....	40
4.3.2. Comparaciones planeadas .....	41
4.3.2.1. Respuesta a finales esperados .....	43
4.3.2.2. Respuesta a cambios léxicos .....	43
4.3.2.3. Respuesta a cambios de idioma .....	46
4.3.2.4. Comparación de cambios léxicos y cambios de idioma	47
4.3.3. Resumen de los resultados de grupo .....	49
4.3.4. Diferencias individuales .....	49



4.3.4.1. N400 (cambios léxicos).....	50
4.3.4.2. LPC (cambios de idioma).....	51
4.3.4.3. Resumen de los análisis de regresión .....	51
4.4. Discusión.....	52
<b>5. SEGUNDO EXPERIMENTO: EFECTOS DE LA FRECUENCIA DE USO Y DE LA COMPETENCIA LINGÜÍSTICA RELATIVA SOBRE EL PROCESAMIENTO DE CAMBIOS DE IDIOMA.....</b>	<b>58</b>
5.1. Introducción.....	58
5.2. Materiales y Método.....	62
5.2.1. Materiales .....	62
5.2.2. Participantes.....	64
5.2.3. Procedimiento .....	65
5.3.4. Registro electrofisiológico.....	66
5.3. Resultados .....	67
5.3.1. Prueba de reconocimiento.....	67
5.3.2. Potenciales Evento-Relacionados .....	69
5.3.2.1. Resultados globales.....	69
5.3.2.2. Oraciones sin cambio de idioma.....	72
5.3.2.3. Oraciones con cambio de idioma .....	72
5.3.2.4. Finales de oración en el idioma dominante y no dominante (en función de si la palabra constituía un cambio de idioma o no).....	72
5.3.2.5. Efectos de frecuencia en cada idioma.....	73
5.3.2.6. Ausencia de cambios de idioma en el idioma dominante y no dominante (en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo) .....	75
5.3.2.7. Cambios al idioma dominante y no dominante (en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo) .....	79
5.4. Discusión.....	84
5.4.1. El efecto del cambio de idioma y el efecto de la dirección del cambio .....	84
5.4.2. Efectos de la frecuencia de la palabra en cada idioma .....	85
<b>6. DISCUSIÓN GENERAL .....</b>	<b>88</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>
<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>102</b>

## PRESENTACIÓN

En los años 70, ciertos estudios de psicolingüística mostraron que los bilingües experimentan un retraso en la comprensión de pasajes escritos que contienen cambios de idioma, así como retrasos en tareas de decisión léxica para vocablos precedidos de un vocablo en otro idioma, sugiriendo que el acceso al léxico se encuentra dificultado cuando es necesario realizar un cambio de idioma; observaciones que derivaron en la teoría del “interruptor”. Sin embargo, la naturaleza específica de la dificultad para procesar cambios de idioma es difícil de determinar en experimentos cuya medida dependiente es el tiempo de lectura o el tiempo de reacción. La presente Tesis describe los resultados de dos estudios realizados empleando la técnica de potenciales evento-relacionados (ERPs, por sus siglas en inglés de *Event-Related Potentials*) con el objetivo de estudiar el procesamiento cerebral durante la comprensión de oraciones que contienen cambios de idioma en bilingües. El primer experimento compara la respuesta cerebral generada por el procesamiento de cambios de idioma, en oraciones de alta probabilidad de cierre, con la respuesta generada por la sustitución de dicha palabra altamente esperada por un sinónimo del mismo idioma. Se obtuvo una amplia positividad tardía (450-850 milisegundos) de distribución posterior en respuesta a los cambios de idioma (componente positivo tardío o LPC, por sus siglas en inglés de *Late Positive Complex*). Este efecto contrasta con la aparición de una mayor amplitud sobre el componente N400 (asociado a procesos de integración semántica) en respuesta a los cambios léxicos. Este resultado indica que, a diferencia de la dificultad de integración semántica que provoca un sinónimo, la dificultad de procesar un cambio de idioma surge en otros estadios del procesamiento, quizá más relacionados con una actualización del contexto. El segundo experimento examina las modulaciones de la respuesta cerebral a cambios de idioma en función de la competencia relativa del bilingüe con cada idioma, así como en función de la frecuencia relativa de uso del vocablo en cada idioma. En este estudio, se observa un patrón diferencial de respuesta cerebral en función de la dirección del cambio de idioma. Se encontró, de nuevo, un efecto LPC en respuesta a los cambios de idioma en ambas direcciones. Sin embargo, para los cambios hacia el idioma dominante se observó además, entre 200-400 msecs, una negatividad previa al efecto positivo, que podría indicar cierta dificultad inicial de procesamiento a nivel semántico cuando el cambio de idioma ocurrió hacia el idioma dominante. Por otra parte, la frecuencia relativa de uso del vocablo en el idioma dominante ejerció una influencia sobre la respuesta cerebral al procesamiento del vocablo en el idioma no dominante. En este sentido, el idioma dominante parece filtrarse involuntariamente durante el procesamiento del idioma no dominante, en mayor medida que en sentido inverso, sugiriendo una asimetría en el posible control que el bilingüe ejerce sobre el idioma que requiere ser procesado en una situación

en la que ocurren o podrían ocurrir cambios inesperados de idioma. Estos resultados son incompatibles con un modelo de interruptor que postule una completa separación entre idiomas, al menos cuando existe una descompensación en la competencia relativa del bilingüe con cada uno de ellos.

## 1. MODELOS TEÓRICOS Y ESTUDIOS PREVIOS ACERCA DEL BILINGÜISMO

### 1.1. El fenómeno de cambiar súbitamente de idioma

Uno de los fenómenos más llamativos del modo de habla en comunidades bilingües, o en regiones dónde dos o más idiomas están en “contacto”, consiste en la alternancia de los idiomas (por ejemplo, la inserción de un vocablo en inglés en el curso de una oración producida en español). Los lingüistas se han referido a este fenómeno con el término anglosajón: “*code-switching*”; término que se refiere al cambio repentino o súbito (como si de un interruptor se tratara) de un código lingüístico a otro, de un idioma a otro. Nos referiremos a este fenómeno con el nombre de “cambio de idioma”.

Algunas corrientes sociolingüísticas han examinado las posibles motivaciones de los bilingües para cambiar de idioma en sus discursos. Grosjean recoge en su libro “*Life with Two Languages*” las razones que los propios bilingües alegan para cambiar de idioma (Grosjean, 1982). Así, por ejemplo, un bilingüe anglo-francés alega que “tiende a usar sus dos idiomas cuando está cansado o perezoso, como una salida fácil cuando no puede encontrar la palabra en el idioma que está hablando en ese momento”. Existe la impresión generalizada de que los bilingües cambian de idioma cuando no pueden expresarse adecuadamente en un momento preciso en uno de sus idiomas (Wei, 2000), es decir, como estrategia para compensar la falta de vocabulario en un idioma (Heredia y Altarriba, 2001). En estos casos, el fenómeno del cambio de idioma sería en cierto modo equiparable, conceptualmente, a lo que ocurriría a un monolingüe tratando de expresar una idea para la cual no encuentra la palabra adecuada y que opta por sustituirla por un sinónimo. Digamos que se trataría de un cambio en la “forma” del mensaje para expresar el mismo concepto. Sin embargo, es cuestionable si los procesos cerebrales implicados en el fenómeno monolingüe de sustitución por sinónimos y los asociados a un cambio de idioma en bilingües son o no similares.

Por otra parte, los bilingües también realizan un cambio de idioma con la intención de expresar mejor un concepto, dado que algunas ideas se comunican mejor en un idioma que en otro. Grosjean recoge la siguiente razón para cambiar de idioma: “La razón por la cual empleo tantas palabras en inglés cuando estoy hablando con franceses, es que encuentro muy difícil expresar ciertas ideas o información sobre mi vida cotidiana en este país [E.E.U.U.] en un idioma que no sea inglés. Conceptos como “*day care center*”, “*finger food*”, “*window shopping*”, and “*pot-luck dinners*”, requieren unas cuantas frases para explicarlas en francés”. En ocasiones una palabra en español no se corresponde unívocamente con

“un” vocablo equivalente en inglés, sino que existen al menos dos vocablos alternativos y ninguno de ellos recoge con precisión el significado del vocablo original. Así, por ejemplo, la palabra en español “cariño” implica una combinación de las palabras “liking” y “affection” en inglés y ninguna de ellas por sí sola expresa verdaderamente el significado del vocablo en español (Heredia y Altarriba, 2001). El realizar un cambio de idioma puede, por lo tanto, implicar procesos cognitivos más allá de una mera sustitución de la “forma” lingüística.

Al margen de las motivaciones del agente emisor para cambiar de idioma en un momento preciso de su discurso, cuando el fenómeno ocurre, el agente receptor del mensaje debe potencialmente estar de algún modo preparado o “entrenado” para procesar rápidamente un cambio de idioma.

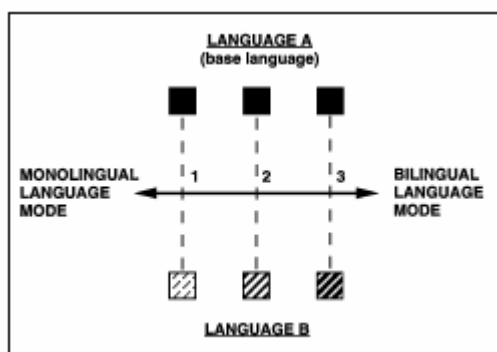
El trabajo experimental de esta Tesis se dirige a investigar el procesamiento cerebral de cambios súbitos de idioma durante los procesos de comprensión de bilingües español-inglés. En los siguientes apartados se revisan algunos modelos teóricos y estudios previos relacionados con el contenido de esta Tesis.

## **1.2. Modelo del interruptor o “switch”**

El interés de los psicolingüistas de los años 70 se centró en examinar qué consecuencias tiene el procesamiento de un cambio de idioma para el sistema cognitivo. Desde una observación básica (los bilingües emplean más tiempo en la lectura de un pasaje que contiene cambios de idioma del que emplean en la lectura de pasajes monolingües equivalentes en longitud y dificultad) se propuso la teoría del interruptor o de los costes del “switch” o del cambio (Macnamara y Kushnir, 1971). Este modelo propone la existencia de un mecanismo interruptor que el bilingüe emisor de un mensaje acciona a voluntad (proceso controlado) para producir un mensaje en un idioma u otro (*output switch*). En contrapartida, cuando un bilingüe se enfrenta a la tarea de procesar un cambio de idioma, el interruptor se acciona (esta vez automáticamente) con el objetivo de “apagar” los procesos de comprensión o de “apagar” el léxico mental de un idioma y “encender” el del otro idioma (*input switch*). A pesar de que el interruptor se acciona automáticamente cuando ocurre un cambio de idioma, este proceso consume tiempo y esto se manifiesta en un retraso lector. Por otra parte, los estudios de Grainger y sus colaboradores encuentran que los bilingües experimentan un retraso en tareas de decisión léxica cuando un vocablo es inmediatamente precedido por un vocablo en el otro idioma (efecto de *priming* o facilitación del idioma de base), sugiriendo que los cambios de idioma afectan a los procesos de reconocimiento léxico (Grainger & Beauvillain, 1988; Grainger & O’Regan, 1992).

### 1.3. Modelo del continuo de modos de funcionamiento del bilingüe

El modelo del “interruptor” ha sido criticado debido a que presupone que los idiomas que un bilingüe conoce no se encuentran nunca simultáneamente activados. De acuerdo con el modelo del “interruptor”, el requisito para que se procese un vocablo que ha cambiado de idioma es que se hayan “apagado” los procesos de comprensión en el otro idioma. En contrapartida, Grosjean propone el modelo de los modos de funcionamiento de un bilingüe (Grosjean, 1995). Este modelo contempla la existencia de un continuo a lo largo del cual los bilingües se posicionan a sí mismos dependiendo de la situación. En un extremo del continuo, el bilingüe se encontraría en “modo” bilingüe. Posicionado en este extremo, uno de los idiomas del bilingüe está activado y constituye el idioma de base mientras que el idioma alternativo se encuentra a su vez simultáneamente activado en mayor o menor grado (véase Fig. 1.1). A medida que el bilingüe se mueve hacia el extremo opuesto del continuo, el grado de activación del idioma alternativo disminuye. De este modo, al situarse en el extremo en “modo” monolingüe del continuo, el bilingüe emplearía sólo el idioma de base y trataría de desactivar o inhibir en la medida de lo posible el otro idioma.



**Figura 1.1. Modelo de los modos de funcionamiento de un bilingüe.**

(sacado de Grosjean, 1998 *Bilingualism: Language & Cognition* 1, p. 136). Las posiciones del bilingüe a lo largo del continuo están representadas por las líneas verticales discontinuas. El contraste blanco/negro de los recuadros representa el grado de activación del idioma de base (en la parte superior) y del idioma alternativo (en la parte inferior). El negro indica activación y el contraste blanco/negro los distintos grados de activación.

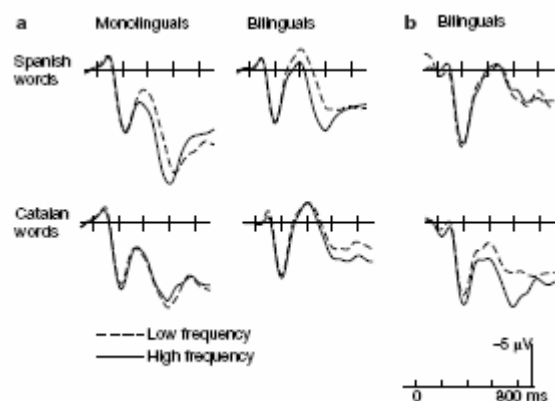
Este modelo difiere con respecto al anterior en que contempla la posibilidad de que exista una activación simultánea de los dos idiomas que el bilingüe conoce. Sin embargo, el modelo es inespecífico. Por un lado, sugiere que es probable que el idioma secundario no esté nunca totalmente desactivado en el extremo monolingüe del continuo. Sin embargo, el modelo no ofrece una explicación de los factores que contribuyen a que el idioma alternativo se encuentre activado en mayor o menor grado. Grosjean (1998) propone que si un oyente bilingüe, partiendo de un estado en modo monolingüe, determina (conscientemente o no) que lo que está escuchando puede contener elementos del otro idioma, se pondrá a sí mismo en modo bilingüe (al menos parcialmente), esto es, activará ambos idiomas (con el

idioma de base más intensamente activado). Lo mismo ocurrirá para un lector, tanto para un texto completo como para elementos léxicos de un idioma mezclados con elementos del otro idioma. Simplemente, el saber que existe una posibilidad de que se presenten elementos del otro idioma (en un experimento, por ejemplo) distanciará al bilingüe del extremo monolingüe del continuo. Es decir, cabría asumir que se encuentra bajo control voluntario del bilingüe en función de la situación. Sin embargo, el poder que otorga este modelo a los factores contextuales o las expectativas del oyente y su autocontrol sobre su modo de funcionamiento, se cuestiona en algunos estudios que proponen la existencia de interferencias involuntarias del idioma alternativo en el procesamiento del idioma de la prueba.

#### **1.4. Interferencia entre idiomas**

Un estudio de Spivey y Marian (1999) revela que en una tarea estrictamente monolingüe (seguimiento de instrucciones proporcionadas en un idioma sobre objetos presentados visualmente), los bilingües anglo-rusos sufren interferencias involuntarias del idioma alternativo cuando se incluyen objetos distractores que son inicialmente similares fonológicamente al objeto diana. En este sentido, las características intrínsecas del estímulo juegan un papel importante en la activación relativa del idioma irrelevante en la tarea léxica sin que el bilingüe ejerza pleno control sobre ello.

Estos resultados contrastan con el estudio de Rodríguez-Fornells y sus colaboradores (Rodríguez-Fornells y cols., 2002) dónde se encuentra que un grupo de bilingües castellano-catalán son capaces de evitar el procesamiento semántico de palabras presentadas en el idioma no relevante en una tarea de decisión léxica. Este estudio hace uso del potencial evento-relacionado denominado N400, asociado con procesamiento semántico, y de su sensibilidad a la frecuencia de uso de las palabras. El efecto esperado de la frecuencia de uso en la N400 (una mayor amplitud del componente para palabras de baja frecuencia comparado con palabras de alta frecuencia) afecta al idioma diana de la tarea de decisión léxica y no a las palabras distractoras presentadas en el idioma alternativo, idioma al que los sujetos no deben responder de acuerdo con las instrucciones de la tarea (véase Fig. 1.2.).



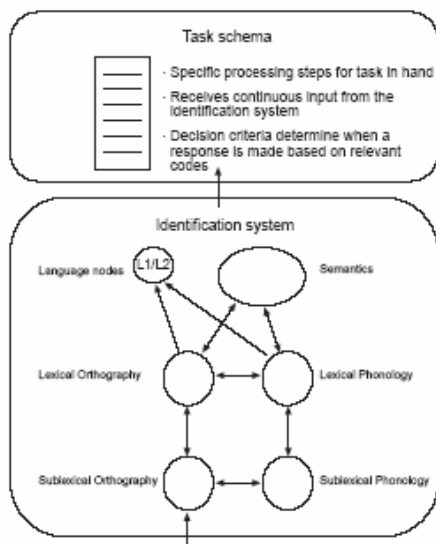
**Figura 1.1. Efecto de frecuencia de uso de palabras sobre la N400** (sacado de Rodríguez-Fornells y cols., 2002, Nature vol. 415, p. 1027). Respuesta a palabras de alta frecuencia (líneas continuas) y a palabras de baja frecuencia (líneas discontinuas). La primera columna presenta la respuesta de monolingües castellanos a palabras en castellano (gráfico superior) y a palabras en catalán (gráfico inferior). La segunda columna muestra un patrón de respuesta similar en los bilingües castellano-catalanes, cuando la tarea también requiere tomar una decisión léxica exclusivamente para palabras en castellano. La tercera columna muestra como el patrón anterior se revierte cuando la tarea requiere una decisión léxica para las palabras presentadas en catalán.

Un reciente estudio realizado por los mismos autores revela, sin embargo, que sí existen interferencias fonológicas del idioma irrelevante sobre el idioma principal en tareas de producción léxica (Rodríguez-Fornells y cols., 2005).

### 1.5. El modelo BIA+

Otros trabajos sobre bilingüismo, han hecho uso de homógrafos en dos idiomas. Por ejemplo, la palabra castellana “pie” se corresponde ortográficamente con la palabra anglosajona “*pie*” (que significa pastel). Esta palabra constituye un homógrafo entre idiomas puesto que es una palabra ortográficamente válida en ambos idiomas aunque con significados diferentes en cada idioma. Este tipo de palabras también se han denominado falsos cognados o falsas “amigas”. Los estudios de Dijkstra y Lemhöfer (1998, 2000, 2002, 2003) emplean homógrafos en holandés-inglés. Sus estudios de tiempos de reacción, en diversidad de tareas de decisión léxica, sugieren que el reconocimiento léxico opera automáticamente en base a las características del estímulo (por ejemplo, la frecuencia relativa de uso de la palabra en cada idioma) sin que el sujeto ejerza un pleno control sobre qué idioma requiere ser procesado. Los autores propusieron el modelo BIA (Bilingual Interactive Activation Model) (Dijkstra y Van Heuven, 1998) y lo reformularon posteriormente con el nombre de BIA+ (Dijkstra y Van Heuven, 2002) para explicar los procesos de reconocimiento léxico en bilingües (Figura 1.3.).





**Figura 1.2. Modelo BIA+ de reconocimiento léxico en bilingües.**  
 (Sacado de Dijkstra y Van Heuven (2002) Bilingualism: Language and Cognition 5(3), p. 182).

La principal diferencia entre el modelo BIA+ y el modelo del continuo de modos de funcionamiento reside en el peso de las características de la situación para la activación relativa de un idioma u otro. En el modelo de Grosjean la situación es determinante con respecto al grado de activación de los idiomas de un bilingüe. Es un modelo que asume una sensibilidad en la activación relativa de los idiomas a factores contextuales arriba-abajo. En cambio, el modelo que proponen Dijkstra y cols. no contempla que el contexto no lingüístico (la situación) afecte a los procesos de reconocimiento visual de palabras (Dijkstra y van Hell, 2003). De acuerdo con su modelo, el reconocimiento léxico es exclusivamente guiado por las propiedades del estímulo (abajo-arriba) y la situación únicamente se contempla en el modelo en etapas posteriores al nivel de los esquemas de la tarea (en la parte superior del modelo de la figura 1.3.). De acuerdo con el modelo de estos autores, el grado de control que un bilingüe ejerce sobre la relativa activación de sus dos idiomas en tareas de lectura, es bastante limitado. Para ellos no existe evidencia sobre los cambios de “modo” (bilingüe-monolingüe) que Grosjean propone, al menos no para bilingües no balanceados<sup>1</sup> (Dijkstra y Van Heuven, 2002).

<sup>1</sup> Un bilingüe no balanceado se define como un individuo que muestra una competencia diferencial entre los idiomas que maneja.

## 1.6. Competencia relativa entre idiomas (paradoja)

La competencia relativa del bilingüe con cada idioma puede ejercer un papel decisivo en el grado de activación o interferencia durante el procesamiento de cada uno de sus idiomas, y en último extremo, sobre el grado de control que un bilingüe puede ejercer sobre qué idioma/s está/n activado/s en determinadas situaciones.

Un estudio de Meuter y Allport (1999) parece indicar que los “costes” asociados a un cambio de idioma (medidos en incrementos de tiempo de reacción) se encuentran modulados por la competencia relativa del bilingüe con cada idioma. Específicamente, este estudio encuentra que, sometidos a una tarea de nombrar dígitos alternativa e impredeciblemente en un idioma u otro, los bilingües paradójicamente emplean más tiempo en nombrar un dígito en el idioma dominante si el dígito anterior hubo de ser nombrado en el idioma no dominante que viceversa (nombrar el dígito en el idioma no dominante cuando el dígito anterior hubo de ser nombrado en el idioma dominante). Los autores proponen que este mayor “coste” paradójico se debe la necesidad de “supresión activa” del idioma dominante cuando se requirió previamente nombrar en el idioma no dominante. Esta “supresión activa” se arrastraría hasta el siguiente ítem, para el cual es esta vez requerido usar el idioma dominante que fue activamente inhibido en el ítem inmediatamente anterior. Este mecanismo de “inhibición activa” no sería necesario cuando se debe nombrar en el idioma dominante (es decir, la inhibición del idioma no dominante). Por lo tanto, el idioma no dominante, se encuentra disponible para nombrar rápidamente cuando es oportuno de acuerdo con los requisitos de la tarea. Sobre este mismo diseño experimental se ha realizado un estudio usando ERPs (Jackson y cols., 2001). Este estudio reveló un aumento sostenido en la magnitud del componente de ERP denominado LPC (por sus siglas en inglés de *Late Positive Complex* o Componente Positivo Tardío) para los ítems que requerían un cambio de idioma comparado con los ítems que no requerían un cambio de idioma. Este efecto fue significativo entre 385 y 700 msecs sobre electrodos parietales (P3, Pz, P4) y no fue significativamente diferente para cambios del idioma dominante al no dominante o viceversa. El efecto se relaciona con estudios previos en los que se encuentra un incremento de la amplitud del LPC en circunstancias que requieren el control ejecutivo de la selección de respuestas. Además se encontró un efecto frontal negativo (N2) en torno a los 310 msecs, que fue significativo únicamente cuando se realizaba un cambio del idioma dominante al no dominante pero no en sentido inverso (al realizar un cambio del idioma no dominante al idioma dominante). Los autores de este trabajo relacionan la aparición de este componente con la inhibición de respuestas conductuales habituales (la inhibición es este

caso de una tendencia a nombrar un dígito en el idioma dominante). Equiparan, por lo tanto, este efecto frontal con el efecto encontrado en paradigmas experimentales denominados No-Go en los que se ha de tomar la decisión de suprimir una respuesta.

Es importante destacar que este estudio evalúa la actividad cerebral durante la preparación para la producción en un idioma u otro alternativamente, en una tarea específica de nombrar dígitos. Los experimentos que componen la presente Tesis abordan, en cambio, el procesamiento cerebral que genera la comprensión de cambios de idioma en oraciones.

## 2. POTENCIALES EVENTO-RELACIONADOS (ERPs)

### 2.1. Descripción general

La actividad eléctrica generada por poblaciones de neuronas corticales puede ser registrada por medio de electrodos ubicados en la superficie del cuero cabelludo. El electroencefalograma (EEG) consiste en la medición y representación gráfica de las oscilaciones de voltaje registradas por los electrodos a lo largo del tiempo. Cuando la presentación de un estímulo (de tipo visual, auditivo, etc.) ocurre en simultaneidad con el registro del EEG, se producen ciertos cambios de voltaje en el EEG que están directamente asociados a la presentación de dicho estímulo. Estas oscilaciones se denominan potenciales relacionados al evento ó Potenciales Evento-Relacionados (ERPs) (véase Picton y cols., 2000, para una descripción exhaustiva de la técnica). A diferencia de la amplitud de la señal del EEG, que puede oscilar entre -100 y 100 microvoltios ( $\mu\text{V}$ ), los cambios de voltaje provocados específicamente por la aparición de un estímulo no suelen superar amplitudes de  $5 \mu\text{V}$  y, en consecuencia, no pueden ser observados directamente en el registro del EEG. Además, junto con la actividad específicamente asociada a la presentación de un estímulo, existen oscilaciones en el EEG que no necesariamente están asociadas a su aparición (p.ej. ritmos electroencefalográficos). Partiendo de la presuposición de que tales oscilaciones poseen una distribución aleatoria en el tiempo, el uso de un procedimiento de promediado, en sincronía con el momento preciso de la aparición del estímulo crítico, permite resaltar y visualizar los potenciales evento-relacionados o ERPs. El procedimiento de obtención de los ERPs consiste, por tanto, en promediar cierto número de segmentos del EEG (p.ej. desde -100 a 1000 msecs en relación a la aparición del estímulo crítico) que corresponden a la actividad registrada durante la presentación reiterada del mismo estímulo (o de estímulos de similares características). Este procedimiento permite que las oscilaciones de voltaje no directamente asociadas a la presentación del estímulo tiendan a anularse mutuamente debido a su carácter azaroso, mientras que la actividad eléctrica común a las reiteradas presentaciones del estímulo crítico tienda a destacar. Por lo tanto, un ERP consiste en la actividad eléctrica, promediada a través de diversos ensayos, que está directamente asociada a la presentación de un estímulo crítico o de un mismo tipo de estímulos críticos. Como norma, en la investigación de procesos lingüísticos se requiere el promedio de un mínimo de 25 ensayos para que la proporción señal-ruido sea aceptable (Kutas & Van Petten, 1994), si bien el número específico de ensayos depende en general de la amplitud del componente ERP de interés.

La señal eléctrica de los potenciales evento-relacionados se compone de una sucesión de picos y valles a lo largo del tiempo a los que se denomina “componentes”. Tradicionalmente se ha hecho una distinción entre componentes del ERP exógenos y endógenos. Los primeros, son producidos en respuesta a las características físicas del estímulo externo. Ocurren relativamente pronto en el tiempo (con latencias de menos de 100 msecs) y son relativamente insensibles a manipulaciones relacionadas con procesos cognitivos. En cambio, los componentes endógenos pueden ocurrir varios cientos de msecs después de la aparición de un estímulo crítico (p.ej. de la presentación de una palabra). Además, varían en función de las demandas de la tarea o de las instrucciones al sujeto, y reflejan los aspectos cognitivos del procesamiento del estímulo. Esta distinción, sin embargo, no es actualmente muy aceptada puesto que se han descrito manipulaciones de tipo cognitivo que afectan a los componentes endógenos tempranos (p.ej. efectos de atención), así como características físicas del estímulo que afectan a los componentes tardíos o exógenos (Coles y Rugg, 1995).

La denominación de componentes se fundamenta, de manera más específica, en los parámetros que los caracterizan. Estos parámetros son: 1) la polaridad (positiva o negativa) de su voltaje, 2) la latencia a la que se obtiene el componente tras la aparición del estímulo crítico, 3) la distribución topográfica del componente sobre el cuero cabelludo (ej. frontal, occipital, lateralizada a un hemisferio, etc), y 4) el tipo de manipulación experimental que es capaz de provocar la aparición del componente (ej. una violación de tipo semántico en un experimento de comprensión lectora).

Por consenso, la denominación de componentes suele contener una “N” o una “P” en relación a la polaridad (negativa ó positiva del componente, respectivamente), acompañada de un dígito, que corresponde a la medida de latencia (en msecs) a la cual el componente alcanza su máxima amplitud. Así, por ejemplo, el componente denominado “N400” consiste en una fluctuación de voltaje de polaridad negativa que alcanza su pico de máxima amplitud en torno a los 400 msecs tras la aparición del estímulo crítico. Ciertos componentes, sin embargo, se denominan con el uso de siglas (p.ej. el LPC o Componente positivo tardío). Ello es debido a que su latencia oscila notablemente en función del tipo de estudio (de atención, memoria, lenguaje, etc.) y/o a que no necesariamente refleja un único proceso cognitivo.

## 2.2. Bases fisiológicas y origen neuronal

Se sostiene que la actividad eléctrica registrada en la superficie del cuero cabelludo proviene de potenciales post-sinápticos de neuronas piramidales de la corteza cerebral. La configuración en campo abierto de estas neuronas y su activación en sincronía, constituyen requisitos fundamentales para que la actividad sea “visible” a través de electrodos superficiales distantes. La actividad de neuronas del hipocampo y de otras estructuras subcorticales, es posible que también contribuya a la señal. Sin embargo, la mayoría de los núcleos cerebrales subcorticales poseen una estructura de campo cerrado y, debido a ello, su actividad eléctrica es probablemente invisible en el EEG. Por este motivo, se acepta que la señal de un ERP refleja mayoritariamente la actividad sumatoria de potenciales post-sinápticos de amplios grupos de neuronas activadas simultáneamente en áreas de la corteza cerebral.

Es importante señalar que, debido a las características de la conducción de la señal eléctrica en el cerebro, los potenciales registrados en posiciones específicas del cuero cabelludo, no necesariamente reflejan la actividad de la región neuronal que se encuentra inmediatamente bajo la posición del electrodo. La existencia de un dipolo de orientación inclinada puede provocar que, una señal generada en un área específica de la corteza cerebral, aparezca máxima sobre un punto distante del cuero cabelludo. Se requiere el uso de técnicas de localización espacial que, gracias al uso de algoritmos matemáticos, tratan de inferir la localización de la fuente neuronal que con cierta probabilidad ha generado el potencial que observamos en la superficie, a partir de la distribución espacial del voltaje sobre el cuero cabelludo. Estas técnicas que tratan de resolver lo que se ha denominado “el problema inverso” son: BESA (*Brain Electrical Source Analysis* o Análisis de generadores eléctricos cerebrales) o LORETA (*Low-Resolution Brain Electromagnetic Tomography* o Tomografía electromagnética cerebral de baja resolución). Sin embargo, cuando el interés del estudio reside en la localización de los generadores neuronales de la actividad cerebral, una aproximación quizá más apropiada, sería el uso de técnicas de alta resolución espacial, como la resonancia magnética funcional (fMRI, *functional Magnetic Resonance Imaging*). En contraste con la técnica de ERPs, cuya resolución temporal es del orden de msecs, la resonancia magnética funcional, adolece de una baja resolución temporal (del orden de segundos). En este sentido, la técnica de ERPs posee una resolución temporal más acorde con la velocidad real de gran parte de los procesos cognitivos humanos (ej., procesos de

comprensión lectora) y, por lo tanto, es la técnica de elección para los estudios que componen esta Tesis.

### **2.3. Ventajas de la técnica de ERPs**

Además de la previamente mencionada alta resolución temporal (msecs), existen ventajas adicionales al uso de la técnica de ERPs para el estudio de procesos de comprensión lingüística. Los estudios psicolingüísticos de tipo conductual establecen sus conclusiones sustentándose en medidas de tiempo de reacción. Este tipo de medidas, por definición, no permiten dissociar los procesos relacionados específicamente con el procesamiento de los estímulos críticos *per se*, de aquellos otros procesos asociados a la selección y a la ejecución de una respuesta motora a dichos estímulos (ej. apretar un botón o emitir una respuesta verbal). En cambio, los ERPs permiten registrar la actividad asociada al procesamiento de los estímulos de interés sin la necesidad de que el participante genere una respuesta abierta al estímulo. La tarea del participante en los experimentos que se describen en esta Tesis, consiste en la lectura comprensiva de un conjunto de oraciones sin el requerimiento de una respuesta motora adicional.

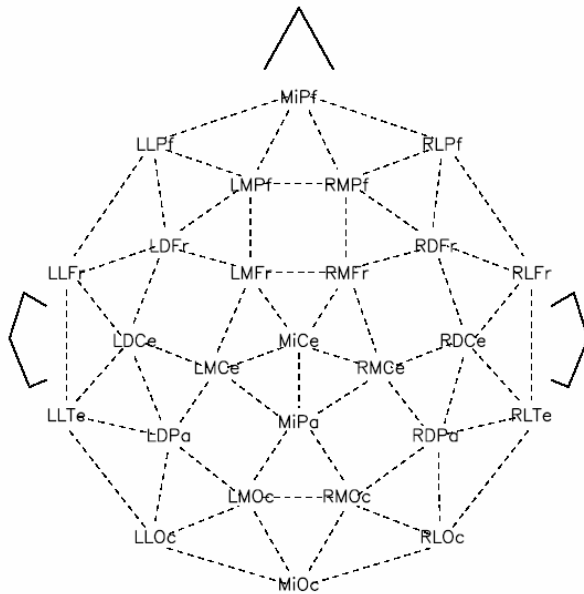
Una ventaja adicional del uso de ERPs consiste en el carácter multidimensional de la medida. Los componentes asociados al procesamiento de un estímulo crítico pueden diferir de aquellos asociados al procesamiento de otro tipo de estímulos, esto es, de los estímulos que constituyen otra condición experimental en nuestro estudio, en diversos parámetros. Como mencionamos anteriormente, los componentes del ERP se caracterizan por parámetros de amplitud, latencia, y distribución topográfica sobre el cuero cabelludo. La obtención de diferencias en cualquiera de estas dimensiones permite hacer inferencias sobre los procesos subyacentes en base a que los componentes generados por cada condición experimental difieran entre sí cuantitativa (amplitud y/o latencia) o cualitativamente (distribución espacial). Así, por ejemplo, si dos condiciones experimentales generan el mismo componente (p. ej. una N400) mostrando diferencias en la latencia pico del potencial, se podría inferir que ambas condiciones experimentales generan una activación neuronal similar con diferente curso temporal. Esto es, que se produce un retraso en los procesos asociados al procesamiento de los estímulos en una condición experimental con respecto a los de otra. Si las diferencias entre condiciones se obtienen en la amplitud del potencial, cabría interpretar que los procesos subyacentes al procesamiento de estos estímulos también poseen los mismos generadores neuronales. Sin embargo, en este caso, una menor amplitud de la señal para una condición con respecto a otra puede deberse a diversas causas. Por un lado, puede que ambas

condiciones generen activación en la misma red neuronal pero que los potenciales post-sinápticos sean de menor amplitud en una condición que en la otra. También es posible que la actividad sea de intensidad similar, pero que ocurra sobre un grupo comparativamente reducido de neuronas en una condición experimental con respecto a la otra. Esto implicaría un menor reclutamiento o un menor uso de recursos neuronales para responder a un tipo de estímulos con respecto a otros. Por último, la actividad neuronal puede haber sido similar pero menos sincronizada para una condición con respecto a la otra. Por otra parte, si las diferencias entre condiciones experimentales radican en la distribución topográfica de los potenciales generados por cada una de ellas, estas diferencias cualitativas sugerirían, en cambio, que los generadores neuronales de esas respuestas cerebrales son diferentes para cada condición experimental y que los procesos subyacentes, por ende, son así mismo cualitativamente diferentes para el procesamiento de un tipo de estímulos con respecto al otro (Coulson y cols., 1998).

#### **2.4. Aspectos técnicos del registro de ERPs**

Los ERPs se obtienen a partir del registro de la diferencia de potencial entre dos electrodos. El procedimiento más comúnmente empleado consiste en referenciar los electrodos cefálicos a un electrodo único durante el registro del EEG (p.ej. un electrodo de referencia situado en mastoides izquierdo). Con posterioridad, para evitar que exista una distorsión de la distribución topográfica de los potenciales obtenidos, se realiza una re-referenciación usando el promedio de la actividad registrada por los electrodos mastoides izquierdo y derecho. La posición de los electrodos cefálicos puede realizarse en base un sistema estándar denominado 10/20 (Jasper, 1958) o en base a un sistema de distribución geodésico como es el caso de los experimentos que componen esta Tesis (Fig. 2.1.).





**Figura 2. 3. Sistema geodésico.** Esquema de la disposición geodésica de los 26 electrodos cefálicos empleados en los experimentos de esta Tesis.

En este sistema geodésico, los electrodos se denominan con siglas referidas a su posición espacial sobre el cuero cabelludo. La primera inicial de la nomenclatura del electrodo representa el hemisferio (“L”, para el izquierdo; “R”, para el derecho; y “Mi”, para los electrodos de la línea media). A continuación, la letra “L” se refiere a un electrodo lateral, la letra “D” corresponde a un electrodo dorsal, y la letra “M” representa un electrodo en posición medial. Las últimas iniciales de la nomenclatura del electrodo representan el lóbulo cerebral sobre el cual se ubica el electrodo (“Pf”, para el lóbulo prefrontal; “Fr”, para el lóbulo frontal; “Ce” para el lóbulo central; “Te” para el lóbulo temporal; “Pa”, para el lóbulo parietal; y “Oc” para el lóbulo occipital). Así, por ejemplo, el electrodo “RDPa” se encontraría situado en el hemisferio derecho (R) en posición dorsal (D) sobre el lóbulo parietal (Pa).

La señal registrada por los electrodos es amplificada y filtrada con el objetivo de eliminar determinadas frecuencias irrelevantes (p.ej. utilizando un filtro de paso de banda entre 0.01 y 100 Hertzios, Hz). En algunos casos, se aplica un filtro específico de la frecuencia que corresponda a aparatos eléctricos (p.ej. 60 Hz). La tasa de muestreo suele ser de 250 Hz, esto es, se obtiene una medida de voltaje aproximadamente cada 4 msecs. En el registro del EEG, los movimientos oculares, la actividad de los músculos de la cara, cuello, así como cualquier actividad motora excesiva contaminan la señal de interés. Con el fin de minimizar la influencia de estos artefactos se solicita a los participantes que se relajen, limiten su movilidad, fijen la mirada en el centro de la pantalla, y procuren no parpadear durante la presentación de los estímulos críticos.

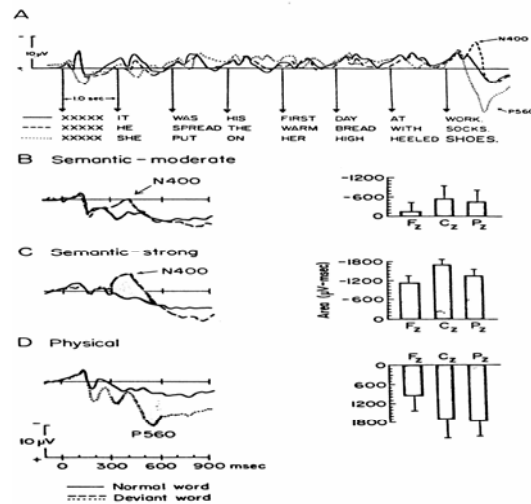
Además, se colocan electrodos oculares bajo el contorno de los ojos, para el registro parpadeos; así como en el canto externo de cada ojo, para controlar los movimientos oculares horizontales. Las porciones del EEG contaminadas por el bloqueo de los amplificadores, por una actividad muscular excesiva, o por movimientos oculares horizontales, son rechazadas previo al cómputo del ERP. Los ensayos que contienen parpadeos, sin embargo, pueden ser recuperados y formar parte de los promedios al aplicar un procedimiento de filtrado de parpadeos (p.ej., Dale, 1994). Estos procedimientos emplean algoritmos matemáticos para elaborar una estimación de la señal introducida por los parpadeos sobre cada electrodo en función de su posición cerebral y de su proximidad a los ojos. El filtro se aplica posteriormente a los datos con el objetivo de eliminar la porción de la señal que es debida al parpadeo.

## **2.5. Componentes relevantes del ERP**

### **2.5.1. P300 y N400**

Ciertos componentes ERP son sensibles a las expectativas del individuo. Así, por ejemplo, en los años 70 se había descrito que estímulos inesperados o que generan sorpresa se caracterizaban por un componente positivo entre 300 y 800 msecs denominado P300. La tarea clásica para generar una P300 se denomina “paradigma de oddball o de rareza” y consiste en la detección un tono infrecuente entre una serie de tonos frecuentes. En 1980, se observó por primera vez que las palabras semánticamente incongruentes presentadas al final de oraciones (como en el ejemplo: “Se afeitó el bigote y la ciudad”), en cambio, no generaban una P300 sino un amplio pico de polaridad negativa en la señal del ERP, que alcanzaba su amplitud máxima en torno a los 400 msecs después de la aparición de la palabra semánticamente anómala (“ciudad”) (Kutas y Hillyard, 1980a). Las palabras semánticamente congruentes generaron el mismo perfil, aunque la amplitud de esta negatividad fue mucho menor que la generada por los finales de oración semánticamente incongruentes. Este efecto no fue observado ante cambios no relacionados con aspectos lingüísticos *per se*, como por ejemplo ante cambios en los atributos físicos de las palabras (p.ej. un cambio inesperado del tamaño de letras) (Kutas y Hillyard, 1980b).

**Figura 2.2. N400 y P560.** Respuesta cerebral a los finales de oración con estímulos semántica y físicamente congruentes (líneas continuas), o desviantes semánticamente (líneas discontinuas en B y C), y desviantes físicamente (línea discontinua en D). (Sacado de Kutas y Hillyard, 1980, Science 207, p 203).



A pesar de que el componente N400 es particularmente prominente en respuesta a violaciones de tipo semántico, estudios posteriores revelaron que no es exclusivamente un índice de la ocurrencia de una incongruencia semántica, sino más bien una respuesta cerebral típica ante la presentación de estímulos potencialmente cargados de significado en cualquier modalidad de estimulación, incluyendo imágenes (Kutas y cols., 1987). Sin embargo, su amplitud varía sistemáticamente en función de una variedad de factores, como por ejemplo de la predictibilidad de dicho estímulo en el contexto local en el que es presentado. De este modo, la amplitud de la N400 es inversamente proporcional a la probabilidad de cierre<sup>2</sup> de una palabra en un contexto determinado (Kutas y Hillyard, 1984). La propuesta que prevalece sobre la interpretación funcional de la N400 es que refleja procesos de integración semántica en relación a un contexto previo. Otros estudios indican que la amplitud de la N400 es también sensible a la dificultad del acceso a información en la memoria a largo plazo (Kutas y Federmeier, 2000). Así, por ejemplo, la amplitud de la N400 para palabras presentadas aisladamente, fuera de contexto, varía en función de aspectos no estrictamente semánticos como son, por ejemplo, la frecuencia de uso de la palabra en el idioma. En este sentido, las palabras de baja frecuencia de uso en el idioma (medida a través de diccionarios de frecuencia de uso léxico), generan N400s de mayor amplitud que las palabras de alta frecuencia de uso (Rugg, 1990). Además, cuando la plausibilidad de una palabra en un contexto y los aspectos organizativos de la memoria a largo plazo (en términos de redes de categorización) son directamente contrastados, la respuesta N400 es modulada no exclusivamente por la plausibilidad de la palabra en el contexto local sino también por las características que la palabra que ha de ser procesada comparte categóricamente en la memoria a largo plazo con la palabra altamente esperada (Federmeier y Kutas, 1999). Es decir, una palabra procedente de la

<sup>2</sup> La probabilidad de cierre de una palabra en una oración se refiere al porcentaje de individuos que completarían esa oración con una palabra específica cuando les ha sido proporcionada la oración de contexto (Taylor, 1953).

misma categoría semántica (de la palabra altamente esperada) genera una N400 de menor amplitud que la generada por una palabra igualmente inesperada en ese mismo contexto local pero procedente de otra categoría semántica. En este sentido, los procesos neuronales reflejados por la N400 se ven afectados tanto por el contexto lingüístico local que se mantiene en la memoria operativa, como por las relaciones semánticas mantenidas en memoria a largo plazo entre ítems, más allá del contexto local proporcionado por la oración.

### 2.5.2. P600/SPS y LAN

En la literatura de ERPs y procesos lingüísticos, también se han descrito al menos dos componentes que son sensibles al procesamiento sintáctico de oraciones. Cuando se presentan oraciones en las que ocurre un error de tipo sintáctico aparece un potencial de polaridad positiva que se inicia en torno a los 500 msecs y se prolonga durante varios cientos de msecs. Este componente se ha denominado alternativamente P600 (Osterhout y Holcomb, 1992) o SPS (por sus siglas en inglés de *Syntactic Positive Shift* o desviación sintáctica positiva) (Hagoort, Brown y Groothusen, 1993). Este efecto se ha encontrado como respuesta a violaciones gramaticales morfosintácticas, tales como discordancias entre el sujeto y la forma conjugada del verbo de una oración (ej. *My pet aardward prefer\*/prefers<sup>3</sup> to eat potatoes*), ante violaciones de la concordancia de género de pronombres reflexivos (ej. *The momma aardvark sees himself\*/herself<sup>4</sup> as a potato lover*), ante violaciones de la estructura gramatical de la oración (e.j. *The aardvark was fascinated by the emotional rather<sup>5</sup> response of its mother*) (Kutas & Schmitt, 2003). Sin embargo, la P600 no es exclusivamente un detector de violaciones de tipo sintáctico, puesto que también aparece en puntos de la oración dónde existe ambigüedad sintáctica o dos posibles "lecturas" de la oración (Hagoort & Brown, 1994). Sobre la P600 existe un intenso debate a cerca de su interpretación funcional y su especificidad o no a procesos lingüísticos (Osterhout y cols., 1996; Münte y cols., 1998; Coulson y cols., 1998; Osterhout y Hagoort, 1999; Frisch y cols., 2003). Características de este componente, tales como su distribución topográfica máximamente posterior y su sensibilidad a ciertas manipulaciones como la probabilidad de ocurrencia de un evento, han llevado a algunos autores a postular que el componente pertenece más genéricamente a la familia del componente P300 (Coulson y cols., 1998). Concretamente la P600 se ha asemejado a la

<sup>3</sup> La conjugación del verbo (prefer) sería incorrecta morfosintácticamente para el sujeto de esta oración, en tercera persona del singular (my pet aardvark). Lo correcto sería: prefers.

<sup>4</sup> El género femenino del sujeto requiere un pronombre reflexivo de género femenino (herself) y no masculino (himself).

<sup>5</sup> El orden canónico de elementos gramaticales en inglés requiere que el adjetivo 'rather' aparezca inmediatamente antes del sustantivo 'emotional' y no en la posición en que aparece en esta oración.

P3b que, como mencionamos previamente, aparece ante eventos inesperados y relevantes en una tarea no lingüística, y que requieren una actualización de un modelo mental del contexto (Donchin y Coles, 1988). Concretamente, la amplitud de la P300 varía en función de la probabilidad objetiva y subjetiva de aparición del estímulo, de la relevancia del estímulo para la tarea, y de la carga de transmisión de información (Johnson, 1986). Por otro lado, su latencia refleja el tiempo necesario para la evaluación del estímulo (McCarthy y Donchin, 1983; Picton, 1992). Por otro lado, en estudios de lenguaje, la P600 se ha relacionado funcionalmente con procesos de reparación y/o revisión frente a errores sintácticos o de construcciones gramaticales correctas pero infrecuentes o ambiguas.

Junto con el componente P600/SPS, algunos estudios de lenguaje que incluyen violaciones de tipo sintáctico, han descrito también la aparición de una negatividad de similar latencia a la N400, aunque con una distribución topográfica diferente. Mientras que la N400 presenta típicamente una amplitud máxima sobre electrodos posteriores con una ligera tendencia a una mayor amplitud sobre el hemisferio derecho (Van Petten y Kutas, 1988), el efecto encontrado para violaciones de tipo sintáctico en esta misma ventana de tiempo, se caracteriza por una distribución fronto-central, máxima sobre electrodos del hemisferio izquierdo. En base a esta distribución espacial, este componente se ha denominado LAN (por sus siglas en inglés de *Left Anterior Negativity* o Negatividad Anterior Izquierda) (Kutas y Hillyard, 1983). Los efectos de LAN, sin embargo, no son inequívocamente encontrados en todo paradigma experimental que incluya violaciones de tipo sintáctico (Osterhout y Mobley, 1995; Gunter y cols., 1997; Kaan y cols., 2000). Asimismo, existe discrepancia sobre su interpretación funcional. Algunos autores establecen su especificidad ante el procesamiento de errores de tipo sintáctico (Friederici y cols., 1996). Sin embargo, otros autores proponen, en términos más generales que el efecto LAN está asociado a cargas de memoria operativa durante el procesamiento lingüístico (Kluender y Kutas, 1993; King y Kutas, 1995).

### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a la ausencia de estudios previos que abordaran específicamente la comprensión de oraciones que contienen cambios de idioma con la técnica de ERPs, se consideró oportuno diseñar un primer experimento con el objetivo de comparar la actividad cerebral generada por estos con la actividad generada ante un acontecimiento previamente descrito en la literatura (un elemento léxico semánticamente correcto pero de menor probabilidad de cierre en el contexto local). De este modo, el principal objetivo del primer experimento es:

1. Definir la naturaleza de los “costes” asociados al procesamiento de cambios de idioma (si estos son o no de integración semántica) en virtud del tipo de respuesta cerebral o componente ERP generado ante estos, en comparación con la generada por cambios léxicos en el idioma de base (sinónimos) en oraciones de moderada/alta probabilidad de cierre.

En relación con este primer objetivo, el primer experimento también se dirige a:

2. Explorar la influencia que las restricciones del contexto (p.ej. la elevada restricción a nivel léxico que ocurre en el caso de refranes o frases hechas) puede ejercer sobre el procesamiento de cambios de idioma y de cambios léxicos.

Por último, se evalúan las diferencias individuales en competencia de vocabulario de los participantes con el objetivo de:

3. Explorar la posible influencia de la competencia lingüística sobre los parámetros de la respuesta (en latencia, amplitud, etc.) ante cambios de idioma y cambios léxicos. Se trata de averiguar si la competencia de vocabulario puede modular la eficiencia o dificultad del procesamiento.

El primer objetivo implícito en el segundo experimento, consiste en reevaluar el tipo de respuesta cerebral generada por el procesamiento de cambios de idioma, en situaciones en las que la probabilidad de que dicho fenómeno ocurra, o no, es equivalente.

Además, en base a los estudios previamente descritos que encontraron costes asimétricos al realizar un cambio hacia el idioma más o menos dominante (Meuter & Allport, 1999; Jackson y cols., 2001), así como influencias de la frecuencia relativa del vocablo en

cada idioma (Dijkstra & Van Hell, 2003), se manipulan estas variables (la frecuencia relativa de uso de las palabras en cada idioma y la dirección del cambio de idioma) con los siguientes objetivos específicos:

4. Establecer si existen asimetrías en la respuesta al procesamiento de cambios de idioma en función de la dirección del cambio, es decir, en función de si dicho cambio ocurre desde el idioma no dominante al idioma dominante o viceversa. Describir dichas asimetrías (si existen) y comparar las respuestas a cambios de idioma con las encontradas en el primer experimento.

5. Examinar el impacto global de la frecuencia de uso de vocablos, en los idiomas dominante y no dominante, sobre la respuesta cerebral a los finales de oración, independientemente de la presencia o ausencia de cambios de idioma.

6. Explorar la existencia o no de interacciones entre el procesamiento de una palabra en un idioma y las características de la palabra en el idioma alternativo del bilingüe. Más específicamente, establecer si el procesamiento activo de una palabra al final de una oración se encuentra influenciado por la frecuencia de uso de la palabra en el otro idioma. Explorar dicha posibilidad tanto en oraciones que contengan cambios de idioma (6.1.), como en aquellas en las que exista una ausencia de cambio de idioma (6.2.). Examinar, así mismo, la posible asimetría de influencias de un idioma sobre otro.

## 4. PRIMER EXPERIMENTO: CAMBIO LÉXICO *VERSUS* CAMBIO DE IDIOMA

### 4.1. Introducción

Entre los hablantes de comunidades bilingües es frecuente el fenómeno de cambiar súbitamente de idioma en el curso de una conversación o dentro de una oración en una palabra aislada. Así, por ejemplo, un bilingüe Inglés-Español podría producir una oración del tipo: “*The driver of the speeding car was given a<sup>6</sup> multa*”. En este ejemplo, el uso de la palabra en español “multa” en el contexto de una oración en inglés, en lugar del uso de la palabra equivalente en inglés “*ticket*”, puede ser debido al hecho de que el hablante no sea capaz de acceder a la palabra en inglés para “multa” en ese punto preciso de la oración y, sabiendo que está comunicándose con otro bilingüe, opte por sustituirla por la palabra equivalente u homóloga en español. De hecho, el fenómeno de “la palabra más accesible” es una de las razones que los propios bilingües aluden con frecuencia para explicar un cambio repentino de idioma, (Grosjean, 1982). Por lo tanto, es posible que los bilingües realicen un cambio repentino de idioma cuando no pueden encontrar la palabra o no conocen la palabra apropiada en el idioma en curso. De acuerdo con esta noción, desde el punto de vista de un hablante bilingüe, un cambio repentino de idioma podría ser visto como un mero cambio en la “forma” lingüística, transmitiendo el mismo significado con la palabra más accesible, que en este caso proviene del idioma alternativo. En este sentido, un cambio repentino de idioma podría ser comparable a la elección entre vocablos sinónimos que ocurre en situaciones en las que se emplea un único idioma (Sridhar y Sridhar, 1980).

Sin embargo, desde el punto de vista del oyente, los cambios repentinos de idioma son inesperados, y quizás, más difíciles de procesar de lo que serían sus vocablos equivalentes en el idioma en curso. Estudios previos, por ejemplo, han encontrado que los bilingües experimentan un retraso en la lectura de pasajes escritos si contienen una mezcla de idiomas en comparación con la lectura de pasajes escritos en un único idioma, es decir, de pasajes monolingües (Macnamara y Kushnir, 1971). Así mismo, se han reportado efectos de interferencia del cambio de idioma en la latencia de decisiones de tipo léxico en listas de palabras no relacionadas. Los bilingües muestran un enlentecimiento en el reconocimiento de palabras de un idioma cuando dichas palabras son inmediatamente precedidas por palabras en el otro idioma (llamado efecto de “priming” o facilitación del idioma básico), lo cual sugiere que el cambio repentino de idioma afecta a los procesos de reconocimiento léxico (Grainger y Beauvillain, 1988; Grainger y O’Regan, 1992). Estos estudios apoyarían a un modelo según el cual, el reconocimiento e integración de un código lingüístico diferente a

---

<sup>6</sup> Al conductor del coche que iba rápido le pusieron una



aquel presentado más recientemente, conlleva un coste de procesamiento para el oyente. Este coste, sin embargo, puede estar modulado por factores tales como la facilidad con la que el cambio repentino de idioma pueda ser reconocido (siendo, por ejemplo, más fácil cuando la fonética de la palabra que cambia de idioma difiere de la fonética del idioma de base [Grosjean, 1995; Li, 1996]), la validez ecológica del cambio de idioma (por ejemplo, más fácil en modalidad auditiva que en modalidad visual [Martínez, Sosa, Bates y Hernández, 1998; véase también Chan, Chau y Hoosain, 1983]), y las restricciones del contexto en el cual se inserta el cambio de idioma (Li, 1996). De hecho, algunos estudios sugieren que cuando la incertidumbre asociada a un cambio repentino de idioma se reduce o se elimina (a través del bloqueo de los estímulos experimentales o la creación de contextos naturales de cambios de idioma), el coste del cambio repentino de idioma se elimina también (Amrhein, 1999; Chan y cols., 1983). Otros estudios, sin embargo, encuentran que incluso cuando un cambio de idioma es totalmente predecible se encuentra asociado a un coste de procesamiento (Altarriba, Kroll, Sholl, y Rayner, 1996; Martínez y cols., 1998; Meuter y Allport, 1999).

Con el fin de entender en mayor profundidad el alcance y naturaleza de los costes (o quizás beneficios) que conlleva un cambio repentino de idioma, es crucial entender cómo es tratado dicho cambio por el sistema de comprensión lingüística. Por ejemplo, ¿se incurre en tales costes al nivel de reconocimiento léxico y de procesamiento léxico-semántico o bien posteriormente en estadios de toma de decisiones, como sugieren por ejemplo Thomas y Allport (2000)? ¿Son los cambios repentinos de idioma simplemente eventos inesperados a nivel puramente físico, o existen además costes asociados a su procesamiento al nivel semántico? Los potenciales evento-relacionados (ERPs) proporcionan una excelente variable dependiente que permite responder a cuestiones de esta naturaleza, puesto que pueden obtenerse durante la comprensión lingüística natural, sin necesidad de que exista una tarea adicional, y poseen la alta resolución temporal necesaria para determinar qué aspectos del procesamiento pueden estar afectados por un cambio repentino de idioma.

Estudios previos con la técnica de ERPs han mostrado que la amplitud de una negatividad cuyo pico alcanza su máximo alrededor de los 400 msecs después de la presentación del estímulo (N400) está altamente asociada con el procesamiento al nivel de significado (Kutas y Hillyard, 1980b; véase también la revisión de Kutas y Federmeier, 2000). Las palabras que son semánticamente inesperadas o difíciles de integrar dentro de un contexto semántico específico, generan una N400 de mayor amplitud en comparación con palabras más predecibles. Sin embargo, los cambios inesperados en los atributos físicos de las palabras (ej., atributos de tamaño, color) y eventos lingüísticos inesperados

que son de naturaleza no semántica (ej., errores de tipo gramatical o sintáctico) se encuentran asociados a potenciales positivos que se generan en un periodo de tiempo similar o ligeramente posterior (P300/P600) (Hagoort, Brown y Grootjusen, 1993; Kutas y Hillyard, 1980a; Münte, Heinze, Mataka, Wieringa, y Johannes, 1998; Osterhout y Holcomb, 1992). Con la técnica de ERPs es, por lo tanto, posible determinar qué aspecto(s) del procesamiento están afectados por un tipo de evento inesperado como puede ser un cambio repentino de idioma.

En este estudio, usamos la técnica ERPs para estudiar de qué manera se procesan los cambios repentinos de idioma durante la comprensión lectora en bilingües inglés-español. Estudios previos con monolingües en inglés han mostrado que los cambios inesperados hacia el uso de un vocablo sinónimo del mismo idioma (una palabra de menor probabilidad de cierre) generan incrementos en la respuesta N400 en relación con aquella generada por palabras más esperadas (de mayor probabilidad de cierre) en el mismo contexto. En este estudio extendemos el uso de este tipo de paradigma experimental para comparar simultáneamente las respuestas electrofisiológicas a (1) palabras esperadas que provienen del idioma base, (2) sinónimos inesperados en el mismo idioma (“cambios léxicos”), y 3) cambios inesperados de idioma (sustitución por el vocablo equivalente al esperado traducido a otro idioma) presentados dentro de un contexto en inglés. Si un cambio repentino de idioma genera dificultades de procesamiento en el nivel de acceso al léxico y de integración semántica, deberían generar respuestas N400 de mayor amplitud, al igual que los cambios léxicos en el mismo idioma. Por el contrario, en la medida en que un cambio repentino de idioma sea tratado predominantemente como un cambio en la “forma” más que como un cambio de significado, cabría predecir que se genere una positividad tardía en lugar de una N400, aunque pudiera existir cierta actividad cerebral globalmente asociada con el cambio de idioma y con sus demandas de procesamiento.

Adicionalmente, este estudio propone evaluar la influencia de las restricciones del contexto en el procesamiento de palabras inesperadas a través de la inserción de cambios léxicos y de cambios de idioma, por un lado dentro de oraciones regulares moderadamente restrictivo (ej. “*The driver of the speeding car was given a ...*”), así como dentro de oraciones de alta restricción tales como expresiones idiomáticas o refranes (ej. “*Too many cooks spoil ...*”). Las expresiones idiomáticas de este tipo restringen no sólo a nivel semántico, sino también además a nivel léxico (dado que es una palabra específica la que completa el refrán), de modo que cualquier tipo de cambio ya sea léxico (un sinónimo) o de idioma son altamente inesperados en dichos contextos. Sin embargo, dada la alta restricción de estos

<sup>7</sup> “Demasiados cocineros estropean el ...” Este es un refrán anglosajón que concluye con la palabra “broth”, que significa caldo.

contextos, si ocurriera un cambio de idioma, la palabra en español sería predecible en mayor medida que en los contextos no idiomáticos. El incremento de predictibilidad que proporciona un contexto restrictivo podría ser especialmente importante para aquellos individuos que fueran menos competentes en el idioma de base o en el idioma de cambio. Para estudiar este aspecto, exploramos las diferencias individuales en la respuesta a cada tipo de oración en los dos tipos de contextos en función de la competencia en ambos idiomas, inglés y español.

En resumen, este estudio está dirigido a esclarecer la naturaleza del procesamiento que engendra un cambio repentino de idioma y su comparación directa con cambios de tipo léxico permaneciendo en el mismo idioma. Así mismo, examinamos la interacción de estos procesos con la naturaleza y la fuerza del contexto predecesor. Finalmente, examinamos las diferencias individuales en la respuesta a las diversas condiciones, haciendo una valoración preliminar del papel que la competencia en el idioma (en ambos, el idioma de base y el idioma del cambio) pueda ejercer en la modulación de la dificultad y eficiencia con la cual un bilingüe maneja un mensaje que contiene un cambio de idioma.

## 4.2. Materiales y métodos

### 4.2.1. Materiales

Los materiales consistieron en 210 oraciones en inglés que finalizaban con tres tipos de palabra diana. La mitad de estas oraciones fueron oraciones de moderada restricción contextual (“contextos regulares”) que habían sido previamente empleadas en experimentos de ERPs (ej. “*The ship disappeared into the thick*<sup>8</sup>...”) (Kutas y Hillyard, 1984). La otra mitad consistió en expresiones idiomáticas de uso común o refranes y, en consecuencia, altamente restrictivos (“contextos idiomáticos”) (ej. “*Too many cooks spoil the...*). Ambos tipos de contextos fueron equiparados en número de palabras. Durante el experimento, estas oraciones finalizaron con uno de los siguientes tipos de palabras diana. Los finales esperados consistieron en la finalización de cada oración con la palabra de mayor probabilidad de cierre en oraciones de contexto regular (ej. “*fog*” ~ niebla) y la finalización canónica de los contextos idiomáticos tal y como se encuentra en un diccionario de refranes (ej. “*broth*” ~ caldo). Los cambios léxicos consistieron en finalizaciones congruentes pero de baja probabilidad derivadas a partir del uso de sinónimos en inglés de las finalizaciones esperadas (ej. “*mist*” ~ neblina y “*bouillon*” ~ sopa). Finalmente, los cambios repentinos de idioma consistieron en la traducción literal a español de las finalizaciones esperadas (ej.

---

<sup>8</sup> El barco desapareció en la espesa...

niebla y caldo). Las traducciones a español fueron realizadas por una nativa en español y corroboradas por otros dos hablantes nativos de español. La Tabla 4.1. presenta ejemplos adicionales de los estímulos empleados.

**Tabla 4.1. Ejemplo de oraciones y palabras diana.** Las oraciones fueron presentadas en inglés. Se proporciona para cada una de ellas una traducción a español en la línea inmediatamente inferior.

	Palabra Esperada	Cambio de Idioma	Cambio Léxico
<b>CONTEXTOS REGULARES</b>			
<i>Each night the campers built a . . .</i> Todas las noches los campistas encendían un ...	<i>fire</i>	fuego	<i>blaze</i>
<i>He put a clean sheet on the . . .</i> Colocó una sábana limpia en la ...	<i>bed</i>	cama	<i>mattress</i>
<i>The driver of the speeding car was given a . . .</i> Al conductor del coche que iba rápido de pusieron una ...	<i>ticket</i>	multa	<i>citation</i>
<i>He heard a knock at the . . .</i> Oyó que llamaban a la ...	<i>door</i>	puerta	<i>entrance</i>
<i>She put on her high heeled . . .</i> Se puso sus ( ) de tacón alto...	<i>shoes</i>	zapatos	<i>boots</i>
<b>CONTEXTOS IDIOMÁTICOS</b>			
<i>Out of sight, out of . . .</i> Fuera de la vista, fuera de la ...	<i>mind</i>	mente	<i>brain</i>
<i>The truth hit me like a ton of . . .</i> La verdad me golpeó como una tonelada de...	<i>bricks</i>	ladrillos	<i>stones</i>
<i>A dog is a man's best . . .</i> El perro es (del hombre) el mejor ...	<i>friend</i>	amigo	<i>buddy</i>
<i>The grass is always greener on the other . . .</i> La hierba está siempre más verde en el otro ...	<i>side</i>	lado	<i>lot</i>
<i>Ann doesn't know enough to come in out of the...</i> <i>Ana no sabe ni siquiera cómo resguardarse de la...</i>	<i>rain</i>	lluvia	<i>drizzle</i>

Los finales de oración fueron controlados en las variables de longitud de palabra y de frecuencia de uso, tanto para los contextos regulares como para los contextos idiomáticos y para cada tipo de final de oración (frecuencia de uso en inglés basada en Francis y Kucera, 1982; frecuencia en español basada en Juilland y Chang-Rodríguez, 1964). En general, los finales en español fueron de mayor longitud y menor frecuencia de uso que los finales esperados en inglés. Sin embargo, los cambios léxicos fueron equivalentes a los cambios de idioma en ambos parámetros, longitud y frecuencia, como se muestra en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Frecuencia y longitud media de palabras diana en cada condición experimental**

	Final esperado		Cambio de idioma		Cambio Léxico	
	Regular	Idiomático	Regular	Idiomático	Regular	Idiomático
Frecuencia	100.3	97.7	43.8	46.9	43.2	42.4
Longitud	4.8	4.9	6.0	6.1	5.7	6.4

Se construyeron tres listas experimentales diferentes de manera que no existieran repeticiones de contexto o de palabras diana en ninguna de ellas. Se controló la frecuencia de uso de las palabras dentro de cada lista y a través de las tres listas. Cada lista contenía 35 estímulos en cada condición experimental, es decir, para cada tipo de contexto y cada tipo de finalización. El orden de presentación de los estímulos fue aleatorio y fijado para cada lista experimental. Cada lista fue asignada aleatoriamente a cada uno de los participantes en el experimento.

#### **4.2.2. Participantes**

Un total de 37 bilingües inglés-español (28 mujeres y 9 hombres), de edades comprendidas entre los 18 y los 39 años, fueron remunerados por su participación en el estudio. Fueron reclutados a través de anuncios en el *campus* de la Universidad de California, San Diego. Todos eran diestros (de acuerdo con la evaluación realizada por medio del Inventario de Edinburgo (Olfield, 1971)) y disponían de una competencia cercana a la de un nativo y un uso frecuente, no exclusivamente académico, en ambos idiomas. Tres de los 37 participantes tuvieron que ser rechazados debido a su falta de familiarización con los contextos idiomáticos (de acuerdo con la evaluación realizada a final del experimento). Los resultados que se reportan en este estudio, por lo tanto, corresponden a un grupo final de 34 participantes (25 mujeres y 9 hombres) con una edad promedio de 22 años.

La competencia de los participantes con cada idioma fue evaluada siguiendo dos procedimientos. En primer lugar, completaron un cuestionario en el cual se les pedía que puntuaran su competencia en comprensión oral, lenguaje hablado, lectura y escritura en cada idioma. La auto-evaluación consistió en una escala de 1 a 7, donde el 1 representaba: "casi ninguna" y el 7 representaba: "como un hablante nativo". La competencia promedio (intervalo entre paréntesis) en inglés fue: 6,82 (4-7) para comprensión oral, 6,82 (5-7) para lenguaje hablado, 6,85 (5-7) para lectura, y 6,55 (4-7) para escritura. La competencia reportada en español fue ligeramente menor en líneas generales: 6,14 (4-7) para comprensión oral, 5,85 (4-7) para lenguaje hablado, 5,76 (4-7) para lectura, y 5,38 (4-7) para escritura. Sin embargo, en todos los casos, los participantes juzgaron que tenían al menos una competencia "funcional" en cada una de las sub-destrezas en ambos idiomas.

La destreza de vocabulario en inglés y español fue adicionalmente evaluada a través de la prueba de vocabulario de Boston (Boston Naming Test, BNT; Kaplan, Goodglass, y Weintraub, 1983). El BNT consiste en un conjunto de 60 dibujos de objetos y animales que el participante debe nombrar. En este caso, solicitamos a los participantes que nombraran

los dibujos en ambos idiomas (el conjunto completo en un idioma primero y luego en el otro idioma, con el orden de los idiomas contrabalanceado). En inglés los ítems disminuyen en frecuencia de uso e incrementan en dificultad a medida que progresa la prueba, desde el ítem número uno (“*bed*”= cama) al ítem número 60 (“*abacus*”=ábaco). Esta organización secuencial en términos de dificultad no se corresponde estrictamente con la dificultad del nombre en español para estos mismos objetos. Sin embargo, existe una correlación positiva entre el grado de dificultad de la prueba en inglés y en español (Kohnert, Hernández y Bates, 1998). Los participantes nombraron correctamente un promedio de 53 ítems en inglés (intervalo: 45-60) y 35 ítems en español (intervalo: 13-58). Las medidas de vocabulario en inglés y en español no estuvieron correlacionadas ( $R^2 = 0.005$ ,  $F(1,32) = 0.17$ ,  $p = n.s.$ ). En consecuencia, se usó la diferencia simple entre las puntuaciones de los participantes en las versiones en inglés y español del BNT como medida gruesa de la dominancia de un idioma sobre otro. Las puntuaciones diferenciales oscilaron entre 39 (muy dominante en inglés) y – 10 (cierto nivel de dominancia en español).

#### 4.2.3. Procedimiento

Al inicio de la sesión, los participantes cumplieron un cuestionario de lateralidad (Oldfield, 1971) y un cuestionario de historial de idiomas proporcionado por el Centro de Investigación Lingüística de la Universidad de California, San Diego (*Center for Research in Language*, CRL, UCSD). A continuación, el experimento se llevó a cabo en una sesión única, en una cabina insonorizada y aislada eléctricamente. Los participantes se situaron a una distancia aproximada de 60 cm. del monitor de un ordenador y fueron instruidos para leer las oraciones experimentales de manera que pudieran responder posteriormente a preguntas relacionadas con lo leído. Se les informó de que leerían principalmente oraciones en inglés pero que podrían encontrar alguna palabra en español. La sesión comenzaba con una serie de oraciones de prueba con el objetivo de familiarizar a los participantes con las diferentes condiciones experimentales.

Las oraciones experimentales fueron presentadas palabra por palabra dentro de un recuadro de fijación ubicado en el centro de la pantalla. Cada palabra de la oración (exceptuando las palabras diana que finalizaban las oraciones) fue presentada con una duración de 200 msecs, con 300 msecs de intervalo entre estímulos. Las palabras diana que finalizaban las oraciones fueron presentadas con una duración de 500 msecs. Se solicitó a los participantes que minimizaran el parpadeo y los movimientos horizontales de ojos durante la presentación de las oraciones. Una pantalla de descanso aparecía a continuación de cada oración de modo que los participantes presionaban un botón para

iniciar la siguiente presentación. Se proporcionaron descansos periódicos a lo largo del experimento.

Al finalizar la sesión de registro de ERPs, se proporcionó a los participantes un listado de los contextos idiomáticos (refranes) del experimento con la última palabra en blanco. Se les solicitó que completaran cada contexto con la palabra que ellos consideraran que completaba el refrán. Para cada una de ellas, además, se les solicitó que indicaran si en el experimento dicho refrán había aparecido con el final esperado por ellos, una palabra diferente en inglés o una palabra en español. Como promedio, los participantes completaron correctamente (canónicamente) 76 de los 105 refranes (tres participantes que completaron menos de 45 refranes correctamente fueron rechazados, como se mencionó previamente). Además, las oraciones para las cuales los participantes no proporcionaron el final canónico (esperado) fueron excluidas de los análisis posteriores. Después de finalizar la sesión experimental los participantes realizaron el BNT en ambos idiomas.

#### **4.2.4. Registro electrofisiológico y análisis de datos**

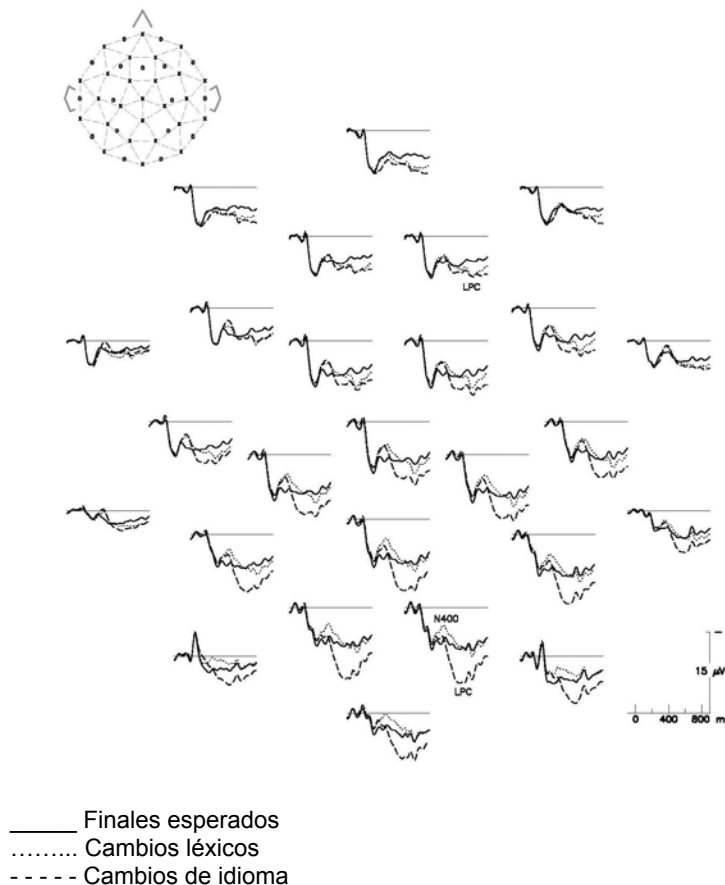
Se registró la actividad eléctrica sobre el cuero cabelludo por medio de 26 electrodos dispuestos en un gorro elástico, en una configuración geodésica, y referenciados al mastoide izquierdo durante la recogida de datos. El icono con forma de cabeza representado en la parte superior de la figura 4.1. muestra la disposición espacial de los electrodos en este estudio (representados con espas, X), junto con la configuración correspondiente al sistema 10-20 (representados con círculos, O) con fines comparativos. Se colocaron electrodos adicionales en el canto exterior y en la cuenca infraorbital de cada ojo para monitorizar los parpadeos y los movimientos horizontales de ojos. Las impedancias de los electrodos se mantuvieron por debajo de los 5 K $\Omega$ . Las señales se amplificaron con un filtro de paso de banda entre 0.01 y 100 Hz, fueron digitalizadas a una tasa de muestreo de 250 Hz, y almacenadas en disco duro para su posterior análisis.

Los datos fueron re-referenciados después de la recogida de datos al promedio de la actividad de ambos mastoides. Los ensayos contaminados por movimientos oculares, por actividad muscular excesiva o por bloqueo de los amplificadores fueron rechazados automáticamente (con el empleo de umbrales especificados durante la inspección visual de los datos) como paso previo la computación de promedios. Menos del 5% de los ensayos fue rechazado debido a estos artefactos. Los parpadeos fueron corregidos por medio de un algoritmo de filtrado espacial diseñado por Dale (1994), y se aplicó así mismo un filtro de paso de banda entre 0.1 y 20 Hz. Se calcularon los ERPs para segmentos comprendidos

entre los 100 msecs previos a la aparición del estímulo y los 920 msecs después de la presentación del estímulo. Los ERPs promediados para cada tipo de final de oración (final esperado, cambio léxico, y cambio de idioma) se obtuvieron previa substracción de la línea base de los 100 msecs pre-estímulo.

### 4.3. Resultados

La Figura 4.1. muestra los grandes promedios ERP ( $N = 34$ ) para los estímulos diana que constituyeron el final de oración (finales esperados, cambios léxicos, y cambios de idioma) colapsando los dos tipos de contextos (regulares e idiomáticos). En comparación con los finales “esperados”, los cambios léxicos generaron un aumento de negatividad sobre posiciones centro-posteriores entre 250 y 450 msecs (N400), y un aumento en la positividad sobre electrodos frontales comenzando en torno a los 600 msecs (Componente Positivo Tardío o LPC). Los cambios de idioma también generaron cierto aumento en la negatividad entre 250 y 450 msecs, seguidos de un aumento de positividad (LPC) sobre electrodos frontales. Así mismo, los cambios de idioma se caracterizaron por una amplia positividad posterior (LPC) con inicio en torno a los 450 msecs.

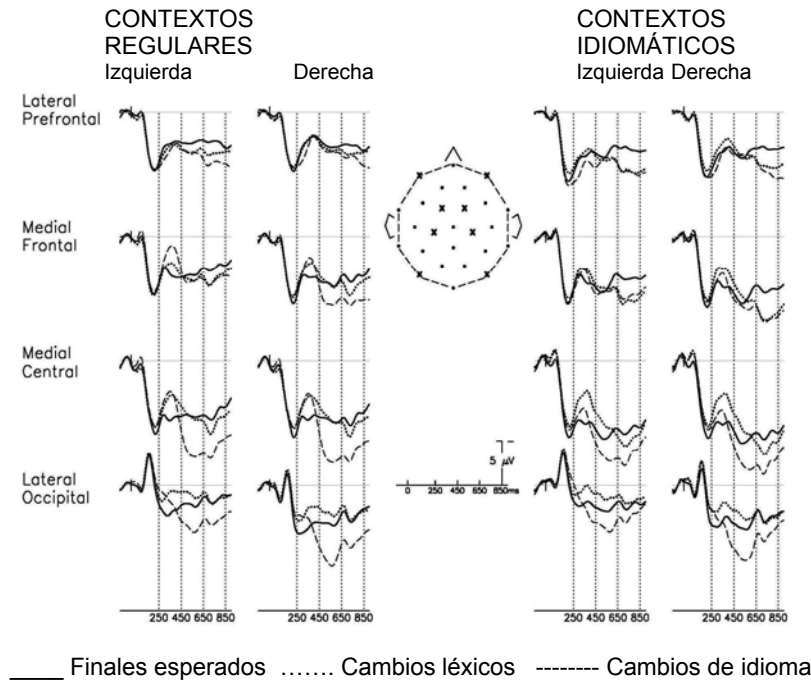




**Figura 4.1. Efectos del cambio léxico y del cambio de idioma.**

Grandes promedios de ERP ( $N = 34$ ) sobre 26 electrodos para cada tipo de finalización de oraciones (finales esperados, cambios léxicos, y cambios de idioma) colapsando los dos tipos de contexto (regular e idiomático).

Los efectos previamente descritos fueron modulados en función del tipo de contexto (regular o idiomático) como se muestra en la Figura 4.2.



**Figura 4.2. Efectos del cambio léxico y del cambio de idioma en función de tipo de oración.**

Se muestran, en 8 canales representativos, los grandes promedios de respuesta a los tres tipos de finalizaciones para los contextos regulares (panel izquierdo) y los contextos idiomáticos (panel derecho). Las posiciones de los electrodos están indicadas con aspas en el icono en forma de cabeza del centro de la figura. Las líneas punteadas verticales indican las tres ventanas de tiempo que fueron empleadas en los análisis de datos.

**4.3.1. Análisis globales**

Se midieron las amplitudes medias entre 250-450 msecs (N400), 450- 650 msecs (LPC temprano), y 650-850 msecs (LPC tardío). Estas medidas fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) con tres variables de medidas repetidas: dos niveles de restricción contextual (contexto regular *versus* contexto idiomático), tres niveles de tipo de finalización (final esperado, cambio léxico, cambio de idioma), y 26 niveles de electrodo. La Tabla 4.3. recoge los resultados globales.

		250-450 msecs	450-650 msecs	650-850 msecs	
<i>Contexto</i>	<i>F (1, 33)</i>	<b>14.38 **</b>	<b>13.78 **</b>	<b>13.82 **</b>	<b>Tabla 4.3. Resultados globales</b> Los efectos significativos se destacan en letra negrita. $\# p = 0.06$ ; * $p < 0.05$ ; ** $p < 0.01$ .
<i>Contexto x Electrodo</i>	<i>F (25, 825)</i>	<b>6.88 **</b>	<b>3.99 **</b>	<b>8.49 **</b>	
<i>Finalización</i>	<i>F (2, 66)</i>	<b>10.29 **</b>	<b>30.90 **</b>	<b>26.35 **</b>	
<i>Finalización x Electrodo</i>	<i>F (50, 1650)</i>	<b>8.81 **</b>	<b>20.97 **</b>	<b>12.32 **</b>	
<i>Contexto x Finalización</i>	<i>F (2, 66)</i>	<b>4.77 **</b>	1.25	2.06	
<i>Contexto x Finalización x Electrodo</i>	<i>F (50, 1650)</i>	1.93 $\#$	1.26	<b>2.07 *</b>	

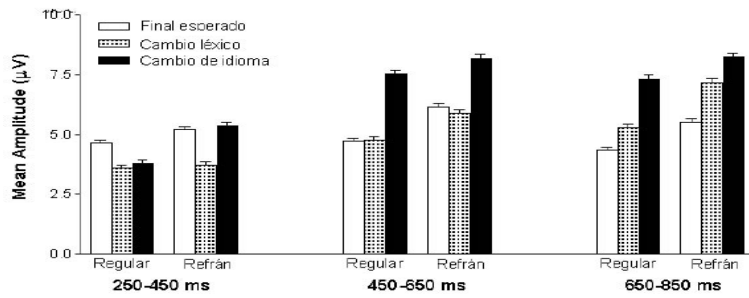
Los valores de  $p$  en este y todos los análisis posteriores corresponden al valor después de aplicar la corrección Huynh-Felt para medidas repetidas con más de un grado de libertad.

Las variables, tipo de contexto y tipo de finalización, afectaron significativamente a los resultados en las tres ventanas de tiempo. A lo largo de toda la época, las respuestas en los contextos idiomáticos fueron más positivas que las respuestas en los contextos regulares. En la ventana de tiempo de 250 a 450 msecs, las respuestas a los finales esperados fueron las más positivas y las respuestas a los cambios léxicos fueron las más negativas. Las respuestas a los cambios de idioma resultaron las más positivas en las ventanas de tiempo de 450 a 650 y de 650 a 850 msecs. Entre 450 y 650 msecs las respuestas a finales esperados continuaron siendo más positivas que las respuestas a cambios léxicos. Este efecto se revierte posteriormente en la ventana de 650 a 850 msecs. El tipo de contexto y el tipo de finalización interactúan en la ventana de 250 a 450 msecs y existió una interacción del contexto, el tipo de finalización y el electrodo en la ventana de 650 a 850 msecs, sugiriendo patrones diferenciales de respuesta al tipo de finalización en función del contexto, al menos sobre algunos electrodos. En la ventana de 450 a 650 msecs el patrón de diferencias al tipo de finalización no difiere en función del contexto. Como consecuencia, en análisis posteriores relacionados con esta ventana de tiempo se combinan los dos tipos de contexto.

#### 4.3.2. Comparaciones planeadas

Con el objetivo de caracterizar los datos con mayor detalle, se realizaron comparaciones planeadas (empleando las mismas ventanas de tiempo) para examinar el impacto de la restricción del contexto sobre la amplitud media de cada tipo de finalización y para comparar los tipos de finalizaciones en cada contexto. En cada caso los ANOVAs se realizaron sobre dos niveles de tipo de restricción o dos niveles de tipo de finalización y 26

niveles de electrodo. La Figura 4.3. muestra un gráfico de barras que recoge las medidas promediadas de amplitud.



**Figura 4.3. Gráfico de barras de amplitud media para cada tipo de finalización en cada tipo de oración.**

El gráfico de barras muestra las medidas de amplitud media en función del tipo de contexto (regular vs idiomático) y del tipo de finalización (esperada, cambio léxico, cambio de idioma) en las tres ventanas de tiempo (250-450, 450-650, 650-850 msecs). Las barras de error representan los errores estándar.

Debido a consideraciones de espacio, las interacciones con el factor electrodo serán únicamente reportadas cuando aporten una significación teórica<sup>9</sup>. En estos casos, se realizó un seguimiento de las interacciones significativas por medio de una normalización de datos (McCarthy y Wood, 1985) y de un análisis de distribución sobre los datos normalizados en el cual el factor original de “electrodo” se subdividió en: a) dos niveles de hemisferio (izquierdo *versus* derecho), b) dos niveles de lateralidad (lateral *versus* medial), y c) 4 niveles de anterioridad (prefrontal, frontal, central y occipital).

#### 4.3.2.1. Respuesta a finales esperados

En general, la respuesta a los finales esperados fue más positiva ( $\sim 1 \mu V$ ) para los refranes que para las oraciones regulares. El efecto fue marginal en la ventana de tiempo de 250 a 450 msecs [ $F(1,33)=3.09$ ;  $p=0.09$ ] y significativo en la ventana de 650-850 msecs [ $F(1,33)=9.74$ ;  $p<0.01$ ], en la cual la respuesta en los contextos idiomáticos fue de  $5.5 \mu V$  y la respuesta en contextos regulares fue de  $4.3 \mu V$ .

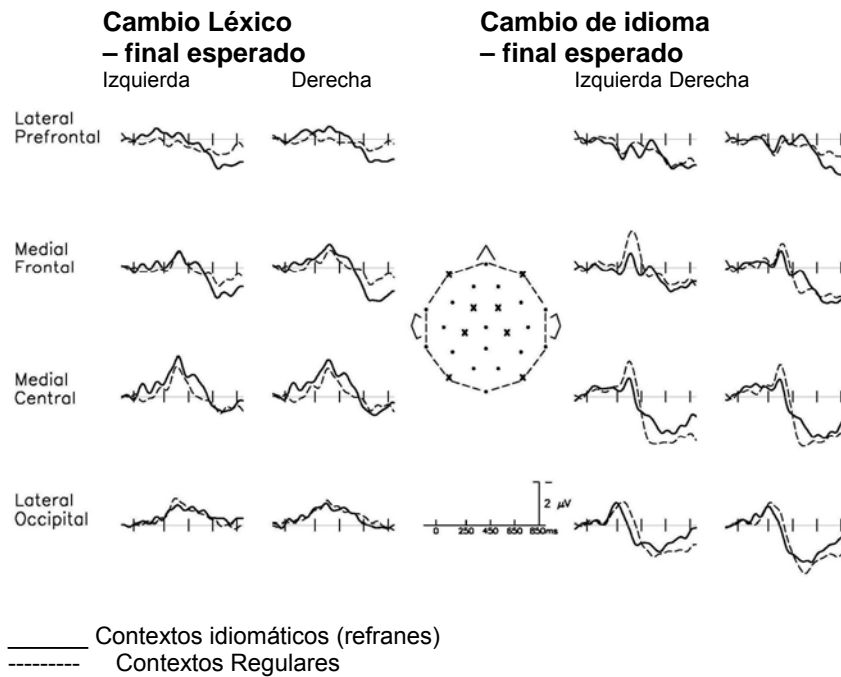
#### 4.3.2.2. Respuesta a cambios léxicos

##### 250-450 msecs

En ambos tipos de contextos la respuesta a cambios léxicos fue más negativa entre 250 y 450 msecs que la respuesta a finalizaciones esperadas (regular: [ $F(1,33)=10.29$ ;  $p<0.01$ ]; idiomáticas: [ $F(1,33)=4.77$ ;  $p<0.05$ ]). Con el objetivo de comparar los efectos de

<sup>9</sup> Es decir, no se reportan las interacciones con electrodo cuando éstas son predecibles y cuando su presencia simplemente confirma una diferencia electrofisiológica obvia sin proporcionar base para inferencias adicionales. Por ejemplo, si un tipo de finalización genera una positividad tardía posterior y otro tipo no lo genera, se observará una interacción cuando se comparen las condiciones debido a que la distribución de los dos efectos difiere. Puesto que no se realizarán inferencias adicionales en estos casos, la interacción no será reportada.

N400 en ambos tipos de contextos, se calcularon las ondas diferenciales (substrayendo la respuesta a finalizaciones esperadas de la respuesta a cambios léxicos) y se estimó la diferencia de amplitud entre 250 y 450 msecs por separado para cada tipo de contexto. La Figura 4.4. muestra estas ondas diferenciales para cada tipo de contexto. Los efectos de N400 para los cambios léxicos no fueron diferentes en función del tipo de contexto ni en la amplitud [ $-0.52 \mu\text{V}$  en contextos regulares y  $-0.73 \mu\text{V}$  en contextos idiomáticos;  $F(1,33)=1.03$ ;  $p=n.s.$ ] ni en su distribución espacial [ $F(25,825)=1.40$ ;  $p=n.s.$ ].



**Figura 4.4. Ondas diferenciales.** Las ondas diferenciales han sido derivadas substrayendo el ERP para una finalización esperada del ERP para un cambio, tanto para cambios léxicos (izquierda) como para cambios de idioma (derecha) en los dos tipos de contexto. Los efectos N400 para los cambios léxicos fueron similares en ambos tipos de contexto, y los cambios léxicos también generaron un aumento en la positividad frontal tardía, especialmente en contextos idiomáticos (líneas continuas). Entre 250 y 450 msecs, los cambios de idioma en contextos regulares provocaron una negatividad izquierda distribuida frontalmente (líneas discontinuas). En torno a los 450 msecs, los cambios de idioma en ambos tipos de contextos generaron una amplia positividad posterior, que se superpone a una positividad frontal, similar a la encontrada para cambios léxicos, en torno a 650 msecs.

#### 450-650 msecs

Las respuestas a cambios léxicos en esta ventana de tiempo no fue significativamente diferente de la registrada para finalizaciones esperadas [ $F(1,33)=0.02$ ;  $p=n.s.$ ].

#### 650-850 msecs

Las respuestas a cambios léxicos fueron más positivas que las respuestas a finalizaciones esperadas en esta ventana de tiempo para ambos tipos de contextos (regular: [ $F(1,33)=4.81$ ;  $p<0.05$ ]; idiomático: [ $F(1,33)=15.85$ ;  $p<0.01$ ]). Este efecto es especialmente prominente sobre electrodos más frontales, como se muestra en la Figura 4.2. La comparación directa revela respuestas más positivas para cambios léxicos en refranes (7.2  $\mu V$ ) que en contextos regulares (5.3  $\mu V$ ) [ $F(1,33)=12.34$ ;  $p<0.01$ ].

### 4.3.2.3. Respuesta a cambios de idioma

#### 250-450 msecs

Al igual que la respuesta a cambios léxicos, la respuesta a cambios de idioma en contextos regulares fue más negativa que la respuesta a finalizaciones esperadas [ $F(1,33)=6.24$ ,  $p<0.05$ ]. Sin embargo, la respuesta a los cambios de idioma en contextos idiomáticos no difirió de la registrada para finalizaciones esperadas en esta ventana de tiempo [ $F(1,33)=0.12$ ;  $p=n.s.$ ]<sup>10</sup>. Se computaron nuevamente ondas diferenciales (substrayendo la actividad a la finalización esperada de la actividad al cambio de idioma) y se compararon en ambos tipos de contextos (Figura 4.4., panel derecho), confirmando un efecto más pronunciado para un cambio de idioma en un contexto regular que en un contexto idiomático ( $-0.42 \mu V$  en contexto regular y  $0.08 \mu V$  en contexto idiomático; [ $F(1,33)=3.96$ ;  $p=0.05$ ]); este efecto interaccionó con la variable de electrodo [ $F(25,825)=3.00$ ;  $p=0.01$ ]. El análisis de distribución de las ondas diferenciales reveló una interacción del tipo de contexto por hemisferio [ $F(1,33)=9.52$ ;  $p<0.01$ ] modulada a su vez por una interacción de contexto por hemisferio por lateralidad [ $F(1,33)=5.02$ ;  $p<0.05$ ] y una interacción marginal de contexto por hemisferio por lateralidad por anterioridad [ $F(3,99)=2.53$ ;  $p=0.06$ ]. En contraposición al patrón en los contextos idiomáticos, los efectos de cambio de idioma en las oraciones regulares fueron más amplios sobre el hemisferio izquierdo que el derecho, especialmente para electrodos antero-laterales. Este patrón de distribución *no* es el que típicamente se observa para efectos de N400, que generalmente son máximos sobre posiciones medio-centrales del hemisferio derecho.

#### 450-650 msecs

En esta ventana de tiempo la respuesta a cambios de idioma fue más positiva que la respuesta a finalizaciones esperadas [ $F(1,33)=34.01$ ;  $p<0.01$ ], especialmente sobre electrodos posteriores.

---

<sup>10</sup> Tampoco se obtuvieron diferencias significativas cuando el análisis se restringió a la primera mitad de la ventana de tiempo (250-350 ms), momento en el cual no existe apenas solapamiento con el efecto posterior de LPC.

650-850 msecs

Así mismo, la respuesta a cambios de idioma en esta ventana de tiempo fue más positiva que la respuesta a finalizaciones esperadas en ambos tipos de contextos (regular:  $[F(1,33)=28.67; p<0.01]$ ; idiomático  $[F(1,33)=38.85, p<0.01]$ ). Al igual que para los cambios léxicos, la positividad fue aproximadamente  $1\mu\text{V}$  mayor para cambios de idioma en refranes ( $8.2\mu\text{V}$ ) que para cambios de idioma en oraciones regulares ( $7.3\mu\text{V}$ )  $[F(1,33)=4.19; p=0.05]$ .

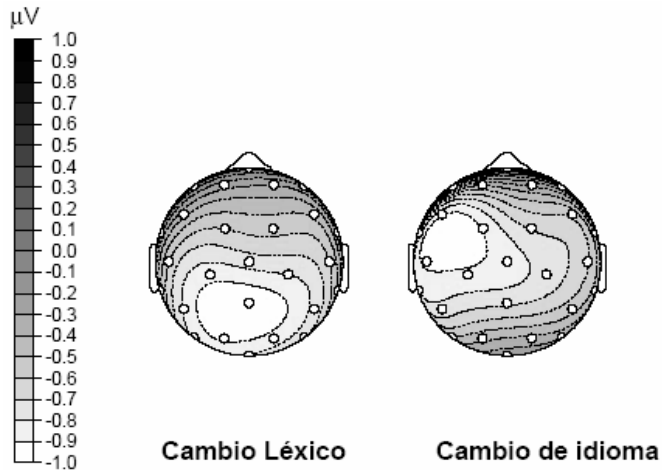
**4.3.2.4. Comparación de cambios léxicos y cambios de idioma**250-450 msecs

Los análisis de ondas diferenciales revelaron una mayor negatividad para cambios léxicos que para cambios de idioma cuando estos se presentaron insertados en contextos idiomáticos  $[F(1,33)=16.20, p<0.01]$ . La interacción con el factor electrodo fue así mismo significativa, sugiriendo una posible diferencia de distribución entre estos efectos  $[F(25,825)=3.84; p<0.05]$ . Los análisis de distribución mostraron una interacción significativa del tipo de finalización con el factor anterioridad  $[F(3,99)=6.39; p<0.05]$  modulada por la interacción significativa del tipo de finalización por hemisferio y por anterioridad  $[F(3,99)=7.31; p<0.01]$  y una interacción marginal del tipo de finalización por lateralidad y por anterioridad  $[F(3,99)=2.91; p=0.06]$ . Los cambios léxicos en contextos idiomáticos generaron un efecto con distribución típica de un efecto de N400, con respuestas máximamente negativas sobre localizaciones centrales y posteriores, de mayor amplitud en áreas mediales que laterales y de mayor amplitud sobre electrodos del hemisferio derecho que electrodos del hemisferio izquierdo. Las respuestas a cambios de idioma en contextos idiomáticos mostraron un patrón similar, aunque más restringidas a posiciones frontales (quizá debido, en parte, al solapamiento con la positividad subsiguiente cuyo inicio coincide con el final de esta ventana de tiempo).

A pesar de que el tamaño del efecto difiere para cambios léxicos y cambios de idioma en refranes, esto no ocurre en oraciones regulares  $[F(1,33)=0.46; p=n.s.]$ . Sin embargo, la interacción con electrodo fue nuevamente significativa  $[F(25,825)=8.97; p<0.01]$  y análisis posteriores indicaron una distribución diferente del efecto negativo generado por cambios de tipo léxico y cambios de idioma en contextos regulares. La distribución del efecto de cambio léxico fue similar al observado para contextos idiomáticos, y, por lo tanto, típica de un efecto de N400. La respuesta a cambios de idioma, en contraposición, fue de mayor amplitud en electrodos frontales con una tendencia lateral izquierda (véase Figura



4.5.). Esta respuesta fue, por tanto, atípica en cuanto a su distribución de un efecto N400; en cambio, podría estar más relacionada con un efecto de negatividad anterior izquierda (LAN -por sus siglas en inglés de Left Anterior Negativity) (e.g., Neville y cols., 1991; Friederici y cols., 1993; Münte y cols., 1993).



**Figura 4.5. Mapas topográficos.** Los mapas revelan la distribución de voltaje (350-450 msecs) del efecto negativo (ERP al cambio menos ERP a lo esperado) encontrado para cambios léxicos (izquierda) y cambios de idioma (derecha) en contextos regulares. En relación con la respuesta a finalizaciones esperadas, ambos tipos de “cambio” generan un incremento de negatividad en esta ventana de tiempo. Sin embargo, la distribución del efecto para los cambios léxicos es típica de un efecto N400, con un foco medial posterior. El efecto para los cambios de idioma, contrasta, siendo más frontal y con una llamativa tendencia lateral izquierda.

#### 450-650 msecs

En esta ventana de tiempo la respuesta a los cambios de idioma fue más positiva que la respuesta a los cambios léxicos (que no difirió de la respuesta a las finalizaciones esperadas) [ $F(1,33)=55.32$ ;  $p<0.01$ ].

#### 650-850 msecs

La respuesta a los cambios de idioma fue más positiva que la respuesta a los cambios léxicos en ambos tipos de contexto [regular: [ $F(1,33)=15.72$ ;  $p<0.01$ ]; idiomático [ $F(1,33)=6.41$ ;  $p<0.05$ ]. Los análisis de distribución (agrupando ambos tipos de contexto) revelaron una interacción significativa del tipo de finalización con el factor anterioridad [ $F(3,99)=20.42$ ;  $p<0.01$ ], modulada por una interacción del tipo de finalización con hemisferio y anterioridad [ $F(3,99)=3.55$ ;  $p<0.05$ ] y una interacción de tipo de finalización con lateralidad y anterioridad [ $F(3,99)=3.95$ ;  $p<0.05$ ]. En esta ventana de tiempo, las respuestas a los dos tipos de “cambio” fueron bastante similares sobre la parte frontal de la cabeza; es en la parte posterior de la cabeza donde los cambios de idioma generaron una mayor positividad que los cambios de tipo léxico (en mayor medida sobre el hemisferio izquierdo que el derecho y en mayor medida sobre posiciones laterales que sobre posiciones mediales). Por lo tanto,

parece que esta diferencia en el tipo de finalización constituye una continuación de la positividad posterior que se inició en la ventana de 450-650 msecs, y que la positividad frontal que ocurre en esta misma ventana de tiempo es similar para ambos tipos de “cambio”.

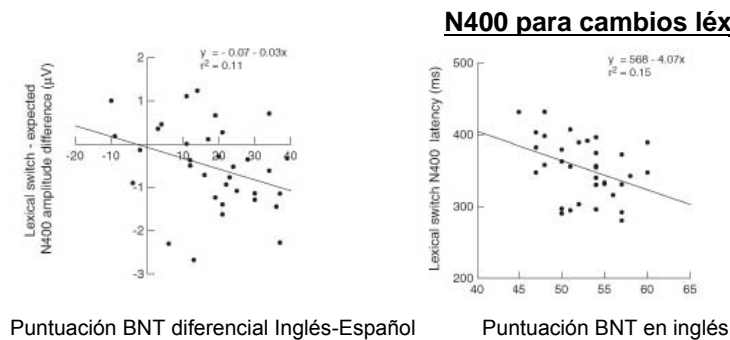
#### 4.3.3. Resumen de los resultados de grupo

En relación con los finales “esperados”, los cambios léxicos generaron N400s de mayor amplitud en ambos tipos de contexto. Además, en contextos idiomáticos, estos cambios léxicos (sin cambiar de idioma) estuvieron asociados con una positividad tardía (650-850 msecs) principalmente frontal. En contraposición, los cambios repentinos de idioma generaron una amplia positividad posterior en ambos tipos de contexto. Esta positividad se inicia en la ventana de 450-650 msecs y continúa en la ventana de 650-850 msecs donde coexiste con una positividad frontal, similar a la observada para los cambios de tipo léxico. Adicionalmente, los cambios repentinos de idioma en contextos regulares están asociados con una negatividad frontal izquierda (¿LAN?) entre 250 y 450 msecs.

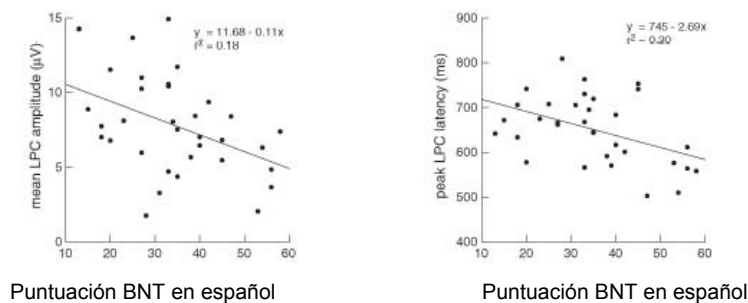
#### 4.3.4. Diferencias individuales

Para explorar los efectos de la competencia en el idioma sobre los efectos previamente descritos, realizamos análisis de regresión con el objeto de identificar si las respuestas N400 (a los cambios de tipo léxico) y/o las respuestas LPC (a cambios repentinos de idioma) podrían ser predecibles a partir de las puntuaciones de los participantes en las versiones en inglés y español de la prueba de vocabulario (BNT) o por el resultado de la puntuación diferencial entre ambos idiomas (la dominancia relativa de un idioma sobre otro). La Figura 4.6. muestra estos análisis de regresión.

### Correlaciones de las medidas ERP con las puntuaciones en la prueba de vocabulario de Boston (BNT)



### Componente positivo tardío (LPC) para cambios de idioma



**Figura 4.6. Correlaciones de las medidas ERP con las puntuaciones en la prueba de vocabulario de Boston (BNT).** Tanto la respuesta N400 a los cambios léxicos (superior) como la respuesta LPC a los cambios de idioma (inferior) se modularon en función de la destreza de vocabulario. Los individuos más dominantes en inglés mostraron una tendencia a generar mayores efectos N400 para los cambios léxicos (superior izquierda). Un mejor vocabulario en inglés fue así mismo predictivo de una respuesta N400 de menor latencia (superior derecha). Un amplio vocabulario en español fue predictivo de una respuesta LPC a cambios de idioma de menor amplitud (inferior izquierda) y de menor latencia (inferior derecha).

#### 4.3.4.1. N400 (cambios léxicos)

La puntuación diferencial en el BNT (la puntuación en inglés menos la puntuación en español) constituyó un buen predictor del tamaño del efecto de N400 para cambios léxicos en contextos regulares ( $R^2=0.11$ ;  $[F(1,32)=4.16$ ;  $p=0.05]$ ). Los individuos más dominantes en inglés presentaron efectos de mayor amplitud (amplitud diferencial entre la respuesta a cambios léxicos y la respuesta a finales esperados en la ventana de tiempo de 250-450 msecs) que los individuos más balanceados (o ligeramente dominantes en español)<sup>11</sup>. El patrón de respuesta de los individuos más dominantes en inglés corresponde con el patrón típicamente observado para monolingües ingleses (e.j., Kutas y Hillyard, 1984). Ni las puntuaciones aisladas en inglés, ni en español, constituyeron buenos predictores del efecto,

<sup>11</sup> Las puntuaciones de vocabulario en español fueron principalmente las portadoras de la diferencia entre los bilingües más dominantes en inglés y los bilingües más balanceados, aunque una serie de individuos eran dominantes en español y, por lo tanto, presentaron puntuaciones en inglés por debajo de la media.

y no existió correlación del tamaño del efecto N400 para cambios léxicos en contextos idiomáticos con ninguna de las medidas de vocabulario.

Adicionalmente, las puntuaciones en la versión inglesa del BNT constituyeron un buen predictor del pico de latencia de la respuesta N400 para cambios léxicos en ambos tipos de contexto. Esto fue cierto tanto para medidas obtenidas sobre un promedio de todos los canales ( $R^2=0.15$ ;  $[F(1,32)=5.46$ ;  $p<0.05]$ ) y así como para un canal único representativo (MiCe;  $R^2=0.13$ ;  $[F(1,32)=4.95$ ;  $p<0.05]$ ). Las puntuaciones más altas en inglés fueron predictivas de picos de latencia N400 más tempranos. Ni las puntuaciones en español, ni las puntuaciones diferenciales, fueron buenos predictores.

#### **4.3.4.2. LPC (cambios de idioma)**

Las puntuaciones en la versión española del BNT y, en menor medida, las puntuaciones diferenciales (Inglés-Español) constituyeron buenos predictores tanto de la amplitud, como del pico de latencia, de la positividad tardía posterior generada por los cambios repentinos de idioma. En el promedio de todos los canales, y entre 450-850 msecs, las puntuaciones más altas en la versión española del BNT (y las puntuaciones diferenciales menores, indicativas de una menor dominancia en inglés) predijeron respuestas LPC de pico más temprano (puntuación en español:  $R^2=0.20$ ;  $[F(1,32)=7.93$ ;  $p<0.01]$ ; puntuación diferencial:  $R^2=0.14$ ;  $[F(1,32)=5.06$ ;  $p<0.05]$ ) y también fueron de menor amplitud (puntuación en español:  $R^2=0.18$ ;  $[F(1,32)=7.08$ ;  $p=0.01]$ ; puntuación diferencial:  $R^2=0.16$ ;  $[F(1,32)=6.39$ ;  $p<0.05]$ ). Las puntuaciones en inglés no tuvieron valor predictivo.

#### **4.3.4.3. Resumen de los análisis de regresión**

Una mayor competencia de vocabulario en inglés fue predictiva de respuestas N400 más tempranas para cambios de tipo léxico independientemente del tipo de contexto (regular o idiomático). De manera adicional, aquellos participantes relativamente más dominantes en inglés mostraron una mayor diferenciación (en la amplitud de la N400) entre los finales esperados y los cambios léxicos en las oraciones de contexto regular. Por su parte, una mayor competencia de vocabulario en español fue predictiva de una respuesta LPC relativamente más temprana para los cambios de idioma así como una menor diferenciación entre finales cambiados de idioma y no cambiados de idioma (en la amplitud de la LPC).

#### 4.4. Discusión

Este experimento emplea la técnica de ERPs para dilucidar la naturaleza del procesamiento generado cuando un bilingüe se encuentra con un cambio inesperado de idioma durante el proceso de comprensión lectora. Con este objetivo, se compararon las respuestas a cambios de idioma inesperados - de inglés a español - con la respuesta a un cambio similarmente inesperado (e igualmente comprensible) por un vocablo del léxico en el propio idioma de base, inglés. Así mismo, se exploró la influencia del tipo de restricción del contexto y de la competencia individual de los bilingües en ambos idiomas sobre estos procesos.

Los cambios inesperados de vocablo, permaneciendo en el idioma en curso – denominados en nuestro experimento “cambios léxicos” – produjeron un patrón de respuestas ERP que concuerda con estudios previos realizados con monolingües (e.j., Kutas y Hillyard, 1980; 1984; Gunter y cols., 2000). Estos vocablos de baja probabilidad de cierre (los cuales fueron, a pesar de ello, bastante similares semánticamente a la finalización esperada) se encontraron asociados a una mayor negatividad entre 250-450 msecs (N400) que los finales esperados de las oraciones, sugiriendo que aquellos fueron más difíciles de integrar en la información proporcionada por el contexto. Esto fue cierto tanto para contextos que consistieron en un refrán altamente restrictivo (conocido para el lector) como para oraciones regulares de menor restricción contextual. En línea, por lo tanto, con estudios previos, encontramos que la amplitud de la respuesta N400 se encuentra afectada por la predictibilidad del ítem léxico dentro de su contexto, independientemente del nivel de restricción del contexto *per se* (Kutas y Hillyard, 1984). La restricción del contexto, sin embargo, tuvo un efecto sobre el tamaño de la positividad para las finalizaciones esperadas, que fue de mayor amplitud para los contextos idiomáticos más restrictivos.

Encontramos diferencias individuales en la latencia de la N400 para cambios léxicos en función de la competencia del lector en inglés (usando como índice una medida de vocabulario). Aquellos individuos con un vocabulario menos extenso en inglés generaron N400s con picos de latencia más tardíos. Este punto es consistente con el estudio de Weber-Fox y cols. (1996) en el cual se encontraron picos de latencia N400 más retrasados para hablantes tardíos y con menos años de experiencia de un segundo idioma. De este modo, parece que el procesamiento semántico (y en particular, de aquellos aspectos del procesamiento semántico que la N400 refleja) opera con cierto curso enlentecido en lectores de menor fluidez. Asimismo, encontramos que aquellos individuos con una mayor dominancia relativa en inglés generaron mayores efectos N400 para los cambios léxicos en

contextos regulares. Los individuos más dominantes en inglés, por lo tanto, parecen ser capaces de hacer un mejor uso de la información del contexto en inglés para diferenciar entre la finalización que encaja mejor con el contexto y un ítem en inglés de menor preferencia, aunque sea semánticamente similar. Estas diferencias individuales no son aparentes en los contextos idiomáticos, presuntamente debido a que todos los hablantes son capaces de diferenciar efectivamente cuándo las restricciones son muy fuertes y permiten claras expectativas léxicas junto con las expectativas de tipo semántico.

En contraste con el patrón observado para cambios de tipo léxico, los cambios repentinos de idioma se caracterizaron por un amplio componente positivo tardío (LPC) aproximadamente entre 450 y 850 msecs después de la aparición del estímulo. Este tipo de positividades han sido observadas en numerosos estudios previos que difieren ampliamente en el tipo de estímulos empleados y en las demandas de la tarea (véase revisión por Johnson, 1986; Donchin y Coles, 1988; Picton, 1992). En general, estos componentes positivos tardíos están asociados al procesamiento de eventos relevantes a la tarea que son de carácter inesperado o improbable (e.j. Donchin, 1981; McCallum y cols., 1984). Tales eventos no son necesariamente de naturaleza lingüística, aunque cierto tipo de eventos lingüísticos inesperados (e.j., cierto tipo de violaciones sintácticas) generan también positividades tardías similares (e.j., Coulson y cols., 1998; Münte y cols., 1998). En este experimento, las palabras en español fueron ciertamente eventos improbables (del mismo modo en que lo serían en el procesamiento lingüístico bilingüe en su vida diaria si el inglés es usado como idioma de base), constituyendo un tercio de los finales de las oraciones. Estos cambios no fueron, además, especialmente válidos desde un punto de vista ecológico puesto que ocurrieron en texto escrito, siendo más frecuente el cambio repentino de idioma en contextos orales, y fueron de inglés a español, cuando la comunidad de bilingües local suele realizar el cambio con mayor probabilidad en la dirección opuesta, de español a inglés. Es posible, por lo tanto, que el tamaño de esta positividad pudiera quedar reducido si el cambio de idioma fuera un evento más probable o incrementando la validez ecológica del cambio de idioma.

Ciertamente, encontramos variación en el tamaño del LPC, y en su latencia pico, en función de la competencia de los hablantes en español. Aquellos individuos con mayor competencia en español parecieron darse cuenta del cambio de idioma más rápidamente (respuestas pico más tempranas) y, además, parecieron encontrar el cambio menos inesperado y/o menos difícil de procesar (requiriendo una menor “actualización del contexto” [Donchin, 1988]), que se refleja en una respuesta LPC de menor amplitud. Quizás estos individuos encontraron los cambios de idioma más fáciles porque los componentes del léxico

en español son encontrados más frecuentemente y más conocidos para estos individuos; también es posible que estos individuos tuvieran una mayor probabilidad de realizar cambios de idioma en su vida diaria. Sin embargo, independientemente de las razones específicas para las diferencias individuales, estos resultados son consistentes con lo reportado en estudios conductuales que sugirieron que el “coste” de un cambio de idioma puede estar modulado por factores que afectan a lo inesperado que sea el cambio para el individuo.

Los cambios de idioma, por lo tanto, generan una respuesta cerebral cualitativamente diferente del patrón de respuesta ERP para los cambios léxicos. Los cambios inesperados dentro de un idioma –sinónimos- generan un incremento de la respuesta N400 en ambos tipos de contexto, sugiriendo que son más difíciles de integrar semánticamente dentro del contexto de la oración de lo que son los componentes léxicos esperados. En contraste, los cambios impredecibles de idioma no generaron ningún incremento en la negatividad en los contextos idiomáticos, y generaron una negatividad que difiere en sus características de distribución de una N400 en los contextos regulares. Por lo tanto, incluso bajo circunstancias en las cuales un cambio de idioma es menos frecuente que una finalización en el mismo idioma, y donde el cambio de idioma no es particularmente ecológicamente válido, el procesamiento de una traducción equivalente al final esperado parece engendrar un menor coste de procesamiento de tipo semántico que un sinónimo inesperado dentro del mismo idioma de base. En este sentido, Kolers y Gonzalez (1980) encontraron que los sinónimos entre idiomas (traducciones) constituyeron ayudas tan beneficiosas para el recuerdo como las repeticiones exactas, mientras que los sinónimos de un idioma (cambios léxicos) fueron menos efectivos -- sugiriendo, de acuerdo con la terminología de los autores, unos “vínculos” más fuertes entre elementos traducidos de los que existirían entre sinónimos de un mismo idioma. Puede que las sutiles diferencias de significado o de uso de los sinónimos de un idioma destaquen a medida que se adquiere experiencia con un idioma, resultando en una mayor diferenciación entre los vocablos similares de un mismo idioma que entre las traducciones a otro idioma, las cuales no compiten del mismo modo. Por lo tanto, en nuestro estudio, es posible que los cambios léxicos fueran más distantes, desde el punto de vista semántico, de la finalización esperada que los cambios de idioma, resultando en una mayor dificultad de integración semántica y consecuentemente una respuesta N400 de mayor amplitud. La estructura, la flexibilidad y el solapamiento entre idiomas (o la carencia de solapamiento) en los niveles de representación léxico, semántico, y conceptual ha sido un asunto de importancia y controvertido desde hace mucho tiempo (véase p.e.j., revisiones de Grosjean [1998] y Pavlenko [1999]). Nuestros resultados electrofisiológicos parecen sugerir que, al menos en ciertas circunstancias, la información semántica a la que se accede a través de una palabra en un

idioma puede ser bastante similar a aquella de la palabra “equivalente” en otro idioma, al menos en las consecuencias de procesamiento en la comprensión de oraciones. Por lo tanto, aunque un cambio de idioma pueda constituir un evento sorpresivo, no necesariamente resulta más difícil de procesar a nivel semántico. Esta conclusión no estaría de acuerdo con una teoría según la cual, dada la arquitectura del sistema bilingüe, el acceso o integración semántica de un vocablo que cambia de idioma conlleva un coste significativo.

En lugar de provocar incrementos en las respuestas N400, los cambios de idioma (a diferencia de los cambios léxicos) generaron un LPC, hecho que sugiere que puedan ser más bien tratados como eventos inesperados a nivel físico (e.j., Kutas y Hillyard, 1980; Osterhout y cols., 1997), y en consecuencia requieran mayores recursos para la evaluación del estímulo y la actualización en memoria (Kutas y cols., 1977; Brookhuis y cols., 1981; Donchin y Coles, 1988; Sommer y cols., 1998). Esto apoya la hipótesis de que los costes asociados con el procesamiento de los cambios de idioma pueden surgir predominantemente en los estadios de procesamiento relacionados con la toma de decisiones (e.j., Thomas y Allport, 2000). A pesar de que la naturaleza precisa de los costes asociados con un cambio de idioma (y de los factores que pudieran aliviar dichos costes) está aún por descubrir en su totalidad, los resultados de este experimento claramente muestran que el sistema de procesamiento lingüístico no trata cualquier clase de lo que cabría clasificar como: “vocablos léxicamente inesperados” de modo equiparable.

A pesar de que encontramos claras diferencias entre la respuesta a cambios léxicos y a cambios de idioma, también observamos una positividad bilateral frontal que es similar en la respuesta para ambos. Esta positividad se desarrolló en estadios tardíos de la época – entre aproximadamente 650 y 850 msecs – y resultó de mayor amplitud en respuesta a cambios (de cualquier tipo) cuando éstos ocurrieron en los contextos idiomáticos, comparada con los contextos regulares. Los efectos tardíos con una distribución bifrontal de este tipo han sido reportados previamente en la literatura de ERPs y se han asociado a procesos relacionados con memoria/reconocimiento explícitos (Rugg y cols., 2000; Paller y Kutas, 1992; Ranganath y Paller, 1999), especialmente la memoria/reconocimiento específica de la fuente de información (Van Petten y cols., 2000; Senkfor y Van Petten, 1998). Por lo tanto, quizás, cuando se encontraron cambios inesperados, los participantes mostraron una tendencia a traer a memoria explícitamente el vocablo léxico esperado, especialmente en contextos idiomáticos donde el vocablo esperado era tan canónico. Alternativamente, es posible que este componente refleje la actividad ejecutiva relacionada globalmente con “cambios” de cualquier tipo. A pesar de que no es posible el uso de la distribución de un efecto ERP sobre el cuero cabelludo para hacer inferencias directas sobre



la localización de sus fuentes neuronales, la distribución frontal de esta respuesta es al menos consistente con una amplia bibliografía que confiere un papel importante a las áreas frontales en procesos de cambio entre tipos de estímulos y/o tipos de tareas (Gershberg y Shimamura, 1995; Sohn y cols., 2000), incluyendo cambios de idioma (Hernandez y cols., 2000; Price y cols., 1999; Fabbro y cols., 2000).

Finalmente, encontramos que los cambios de idioma inmersos en contextos regulares (y no los inmersos en refranes) también generaron un incremento en la negatividad entre 250-450 msecs, con una tendencia a la distribución izquierda y frontal (Figura 4.5.)<sup>12</sup>. Los efectos LAN (negatividades frontales izquierdas) se han descrito previamente (e.j. Friederici y cols., 1993; Münte y cols., 1993; Gunter y cols., 1997) y se han asociado con procesos sintácticos, entre otros, especialmente aquellos que imponen mayores demandas de memoria de trabajo (King y Kutas, 1995; Kluender y Kutas, 1993). La aparición de un componente de este tipo en la respuesta a cambios de idioma (y únicamente en los contextos regulares) fue inesperada. Las palabras cambiadas de idioma en los contextos regulares e idiomáticos fueron generalmente equiparadas en su categoría léxica; por lo tanto, no esperábamos encontrar diferencias basadas en los aspectos léxicos o morfológicos de las palabras en español entre estas condiciones. Si este efecto fuera una LAN, se podría especular que su aparición es debida a que la integración sintáctica de la palabra en español dentro de un contexto en inglés genera una carga de memoria de trabajo, dado que las claves morfológicas que corroboran la co-referencia y la concordancia son probablemente más difíciles de procesar e integrar entre idiomas diferentes. Estos procesos podrían encontrarse minimizados en contextos idiomáticos debido a su naturaleza altamente lexicalizada. Es evidente, sin embargo, que se necesitan más estudios para entender las bases de este efecto y de su interacción con el tipo de contexto.

En resumen, este estudio revela que los costes asociados con el procesamiento de un evento léxico inesperado dentro de una oración o contexto varían dependiendo de si dicho evento léxico proviene del idioma de base o es una palabra que ha supuesto un cambio de idioma. La sustitución de un componente léxico, predecible gracias al contexto, por un sinónimo del mismo idioma pero menos predecible parece resultar en un

---

<sup>12</sup> A pesar de que el solapamiento de componentes puede desviar la distribución de un componente de interés, existen diversas razones para pensar que la negatividad observada para los cambios de idioma en contextos regulares no es meramente una N400 cuya distribución ha sido desviada debido al solapamiento con el LPC. En primer lugar, la distribución se caracteriza no sólo por la ausencia de actividad en focos donde los efectos de N400 son típicamente prominentes (e.j., focos mediales posteriores, en los que ciertamente el solapamiento de componentes podría resultar problemático) sino también por la presencia de la negatividad en focos en los cuales la actividad N400 es generalmente típicamente reducida (e.j., focos laterales frontales). En segundo lugar, la distribución del efecto es así mismo distinta de una distribución N400 incluso en la parte temprana de la ventana de tiempo donde la probabilidad de un solapamiento de componentes es menor. Finalmente, la inspección de los datos individuales de cada participante revela que aquellos sujetos que muestran negatividades frontales izquierdas más prominentes son en realidad los que menos probabilidad tienen de mostrar una actividad LPC significativa simultáneamente.

procesamiento léxico/semántico más difícil. Si, en cambio, el evento léxico esperado es reemplazado por la palabra que constituye su equivalente traducido a otro idioma, los costes de procesamiento parecen surgir en otros estadios de procesamiento, quizá más relacionados con la toma de decisiones. Por lo tanto, los cambios de idioma parecen ciertamente ser tratados más bien como cambios en la “forma” que como cambios en el significado. El alcance del coste generado por un cambio de idioma (y por un cambio léxico en el mismo idioma) parece depender de la competencia con el idioma, y probablemente también varíe en función de factores tales como la probabilidad y la validez ecológica del “cambio”. Obviamente, se requiere un mayor número de investigaciones para esclarecer cómo procede un cambio de idioma en términos neurológicos y psicológicos y qué factores contribuyen a que el cambio de idioma sea más o menos difícil de procesar por el individuo. Este estudio electrofisiológico inicial, sin embargo, indica claramente que los cambios de idioma se procesan de modo diferente a los cambios léxicos de un idioma y, además sugiere que, al menos para ciertos individuos y en ciertos contextos, el procesamiento de un cambio de idioma podría en realidad ser *menos costoso* en ciertos estadios de procesamiento que el procesamiento de un sinónimo de la palabra esperada en el mismo idioma.

## **5. SEGUNDO EXPERIMENTO: EFECTOS DE LA FRECUENCIA DE USO Y DE LA COMPETENCIA LINGÜÍSTICA RELATIVA SOBRE EL PROCESAMIENTO DE CAMBIOS DE IDIOMA**

### **5.1. Introducción**

Un gran número de bilingües “saltan” o se mueven de un idioma a otro fácilmente en el curso de una conversación, a veces incluso dentro de una misma oración, procesando aparentemente cada idioma sin demasiada o ninguna influencia del otro idioma, al menos aparentemente.

Partiendo de la constatación de que los bilingües invierten más tiempo en leer pasajes que contienen palabras en dos idiomas que pasajes estrictamente monolingües, Macnamara y Kushnir (1971) postularon la existencia de un mecanismo “interruptor” que determina en cierto sentido cual de los idiomas del bilingüe está “encendido” y cual está “apagado”. Se asume que dicho “interruptor” se encuentra bajo el control voluntario del bilingüe en los procesos de producción lingüística y que, aunque es activado de manera automática durante los procesos de comprensión lingüística, el retraso en la lectura de pasajes que contienen una mezcla de idiomas se debe al hecho de que cambiar de idioma consume cierta cantidad de tiempo (~ 0.17 segundos) (Macnamara y Kushnir, 1971).

En consonancia con esta perspectiva, Rodríguez-Fornells y sus colaboradores (2002) han descrito cómo un grupo de bilingües castellano-catalán balanceados (es decir, de alta competencia en ambos idiomas) son capaces de “apagar” uno de sus idiomas mientras se encuentran procesando el idioma alternativo. Específicamente, estos autores encuentran una ausencia de procesamiento semántico en el idioma supuestamente “apagado”, a juzgar por la correspondiente ausencia de efectos de frecuencia sobre el componente N400 en los potenciales asociados a las palabras del idioma no relevante de los bilingües cuando estos se encuentran realizando tareas de decisión léxica en palabras del idioma diana “encendido”. Este fenómeno ocurre a pesar de que las listas experimentales incluían palabras de los dos idiomas en orden impredecible. (Véase también Grosjean y cols. 2003).

El modelo de procesamiento bilingüe que postula un mecanismo “interruptor” ha recibido críticas debido a que impide que exista conceptualmente una activación simultánea de los idiomas, es decir, que los dos idiomas que un bilingüe conoce puedan estar

“encendidos” (véase Heredia y Altarriba, 2001) y la evidencia sugiere que este podría no ser necesariamente el caso.

En este sentido, Spivey y Marian (1999) han descrito que el idioma no relevante interfiere en el procesamiento del idioma relevante en bilingües, incluso cuando los requerimientos de la tarea son estrictamente monolingües. Cuando la tarea requiere que se escoja un objeto entre una muestra de cuatro alternativas, sus bilingües tardíos miraron brevemente a un objeto distractor cuyo nombre en el idioma irrelevante compartía un fonema inicial con el nombre del objeto en el idioma diana, en comparación con los tiempos de fijación visual hacia un objeto distractor cuyo nombre comenzaba con un fonema diferente al fonema del idioma diana. Del mismo modo, Dijkstra y sus colaboradores (2000) encuentran que ni las estrategias del sujeto, en base a las demandas de la tarea, ni las instrucciones del experimentador, son suficientes (por sí solas o en combinación) para suprimir completamente la influencia del idioma irrelevante sobre el idioma procesado o diana. En este sentido, los tiempos de decisión léxica y la elección de idioma para homógrafos o “falsos cognados” (palabras idénticas o muy similares en forma aunque posean significados divergentes en cada idioma) dependen de la frecuencia relativa del homógrafo en ambos idiomas. Esto sugiere que al menos en algunas circunstancias no es posible “apagar” un idioma para favorecer el procesamiento adecuado del otro.

Estos últimos estudios parecen estar, por lo tanto, en consonancia con la propuesta de un continuo de funcionamiento en modo monolingüe-bilingüe a lo largo del cual los bilingües se posicionan a sí mismos dependiendo de la situación. La posición en este continuo determina el grado en que ambos idiomas del bilingüe se encuentren activados. En el “modo monolingüe”, por ejemplo, el bilingüe adopta el idioma de su interlocutor monolingüe, desactivando su otro idioma en la medida de lo posible, con varios factores (no descritos) influenciando el grado en que ello es posible.

Existen al menos dos factores que podríamos razonablemente asumir que jueguen un papel importante. Por un lado, la frecuencia relativa de uso de las palabras asociadas a un concepto en cada uno de los idiomas de un bilingüe (como en Dijkstra y cols., 2000). Y por otro lado, la competencia relativa del bilingüe en cada uno sus idiomas (como en Meuter y Allport, 1999; Jackson y cols., 2001).

Este segundo experimento, examina el impacto que dichos factores puede ejercer en la habilidad de un bilingüe para “apagar” uno de los idiomas en una tarea de comprensión lingüística que requiere ya sea un cambio rápido entre idiomas o la activación simultánea de

los dos. Con este objetivo, registramos la actividad eléctrica cerebral de bilingües en español-inglés (relativamente más competentes en un idioma que en el otro) mientras estos leían una serie de oraciones, la mitad de las cuales finalizaban con un cambio del idioma dominante al no dominante o viceversa. Concretamente examinamos los procesos de comprensión sobre cambios de idioma ocasionales durante la lectura de oraciones restringidas contextualmente de manera que condujeran a una elevada expectativa de una palabra diana como final de oración. Estos finales esperados habían sido pre-seleccionados de acuerdo con su frecuencia relativa de uso diario en cada idioma (por ejemplo, alta o baja en ambos idiomas o relativamente más alta o más baja en un idioma comparado con el otro). Este diseño permite explorar sistemáticamente: (1) si existe o no una asimetría en el procesamiento cerebral en función de la dirección del cambio de idioma (del idioma dominante al no dominante o viceversa), y (2) si existe o no evidencia de una interacción entre el procesamiento de una palabra en un idioma y las características de esa palabra en el otro idioma, es decir, si el procesamiento activo del final de una oración se encuentra influenciado, en algún modo, por la frecuencia de uso la palabra final en el idioma alternativo.

A pesar de que la interferencia entre idiomas en función de la competencia relativa no se ha investigado exhaustivamente, existe cierta evidencia de una asimetría en los “costes” para cambiar de idioma. Los tiempos de reacción son mayores cuando se requiere cambiar desde la tarea de nombrar dígitos en el idioma más débil a nombrarlos en el idioma más fuerte que en sentido inverso. Los autores de este estudio explican este resultado “paradójico” proponiendo que la tarea de nombrar en el idioma más débil precisa de la inhibición activa o de la supresión del idioma más fuerte (competidor) y que la persistencia de esta inhibición de un ensayo al siguiente, en el cual es necesario posteriormente usar el idioma más fuerte, conlleva un coste que se refleja en respuestas más dilatadas en el tiempo. La asimetría de los costes surge cuando se supone adicionalmente que la tarea de nombrar en el idioma más fuerte (o dominante) no requiere de una supresión del nombre en el idioma más débil. Dado que las palabras en el idioma más débil no han sido inhibidas, se encuentran por lo tanto más accesibles en la tarea de nombrar cuando el cambio ocurre del hacia el idioma débil (Meuter y Allport, 1999).

La versión más estricta de la teoría del “interruptor” predice que únicamente un idioma puede estar activado en los bilingües en un momento preciso. Si esto es cierto, la respuesta cerebral al idioma que está operativo o “encendido” debería ser impermeable o ciega a la frecuencia del vocablo equivalente en el idioma “apagado”. Supuestamente esto podría ser cierto independientemente de que la palabra en cuestión aparezca en el mismo

idioma del contexto previo (un final en el mismo idioma) o en el idioma opuesto, como en el caso de finales de oración con cambio de idioma. Asimismo, el procesamiento del idioma activo debería ser impenetrable a las características del idioma desactivado independientemente de que el lector sea más competente en el idioma activo o inactivo. En la medida en que la frecuencia de la palabra en el idioma irrelevante inflencie o altere la respuesta a un final en el idioma activo, podremos inferir que el mecanismo de “apagado” o desactivación del otro idioma no es completo o total. Este resultado estaría más en consonancia con cierta versión del modelo de continuo monolingüe-bilingüe. Por lo tanto, despierta un interés teórico determinar si la competencia en el idioma, la frecuencia relativa de la palabra en cada idioma, la presencia o ausencia de un cambio de idioma, y/o la dirección del cambio de idioma determinan el patrón de efectos observados.

Teniendo en cuenta la literatura previa, postulamos que el procesamiento de un bilingüe de cada uno de sus idiomas no es completamente independiente el uno del otro, es decir, existen circunstancias bajo las cuales interactúan y se observa filtración entre idiomas. Asimismo, proponemos que los dos factores potencialmente capaces de influenciar el grado de interacción son la competencia en los idiomas (por ejemplo, si el idioma actualmente procesado es el más fuerte o el más débil), y la frecuencia relativa de las palabras en cada idioma. Específicamente, esperamos que el idioma dominante de un bilingüe, y en particular las palabras de alta frecuencia de uso, impacten en mayor medida el procesamiento de palabras en el idioma no dominante que el caso inverso, independientemente de que ocurra o no un cambio de idioma.

El patrón específico de potenciales evento-relacionados es, sin embargo, más difícil de predecir. En el estudio previamente descrito (experimento 1), el procesamiento de cambios de idioma provocó un componente positivo tardío (LPC) con distribución posterior en comparación con finalizaciones en el idioma en curso y, en consecuencia, se espera replicar dicho patrón en el presente estudio. Adicionalmente, si el cambio entre idiomas compromete en esencia a la misma red de procesamiento cognitivo independientemente de la dirección del cambio (del idioma dominante al no dominante o viceversa), cabría esperar un patrón de respuestas cerebrales similar en ambos casos, aunque quizá de diferente magnitud o latencia. Así, por ejemplo, en la medida en que un bilingüe es más probable que realice cambios de idioma del idioma no dominante al idioma dominante que lo contrario, cabría esperar una positividad de mayor amplitud en el primer caso que en el último. Por otra parte, si cómo postulan Meuter y Allport (1999) el procesamiento exitoso del idioma no dominante requiere la supresión activa del idioma dominante y no al revés, cabría esperar observar una asimetría en función de la dirección del cambio de idioma, quizás un retraso en

la latencia de la positividad. Sin embargo, cabe la posibilidad de que estén implicados mecanismos cerebrales distintos en función de la dirección del cambio de idioma, en cuyo caso la respuesta cerebral al cambio de idioma en cada dirección puede diferir cualitativamente. En este sentido, Jackson y sus cols. (2001), empleando una tarea de nombrar dígitos, encontraron no sólo un aumento sustancial en la amplitud del componente LPC para cambios de idioma en comparación con la ausencia de cambios de idioma, sino también un efecto N2 frontal (cambio de idioma – ausencia de cambio de idioma) exclusivamente cuando el cambio de idioma ocurría de L1 a L2 (es decir, cuando se supone que se requiere supresión activa de L1) y no de L2 a L1<sup>13</sup>. Estos autores interpretaron este efecto N200 como un índice de la supresión activa del idioma L1 cuando se requiere cambiar a la producción en el idioma L2.

## 5. 2. Materiales y Método

### 5.2.1. Materiales

Se seleccionaron pares de palabras que fueran términos traducidos equivalentes español-inglés, sobre la base de su frecuencia relativa de uso en cada idioma estableciendo cuatro condiciones experimentales de frecuencia relativa. Concretamente, las palabras diana fueron: 1) de alta frecuencia de uso en ambos idiomas (p.ej. *water*-agua); 2) de baja frecuencia de uso en ambos idiomas (p.ej. *spoon*-cuchara); 3) de alta frecuencia de uso en inglés y baja frecuencia en español (p.ej. *size*-talla<sup>14</sup>); 4) de baja frecuencia en inglés y alta frecuencia en español (p.ej. *toes*-dedos<sup>15</sup>). A continuación se generaron oraciones de alta restricción contextual en inglés y en español para conducir a la expectativa de cada una de las palabras diana preseleccionadas (véase la Tabla 5.1. con ejemplos). Estas oraciones fueron normalizadas en una muestra de 30 monolingües en inglés y 30 monolingües en español reiteradamente hasta obtener una deseada alta probabilidad de cierre para el final de las oraciones. Los valores de probabilidad de cierre para el conjunto final de 96 oraciones fue alto en ambos idiomas (inglés: media = 92%, std. = 12; español: media = 89%, std. = 9). Los participantes de la sesión de ERPs no habían participado en este estudio normativo previo.

---

<sup>13</sup> En este estudio L1 representa el idioma nativo y L2 un segundo idioma en el que el bilingüe considera que es capaz de nombrar dígitos del 1 al 8 con fluidez.

<sup>14</sup> La palabra “talla” en español se usa en un sentido más restringido para referirse a talla de vestir en comparación con la palabra “size” en inglés que tiene un sentido más amplio referido a “tamaño” en general, de lo que deriva su frecuencia más alta en inglés.

<sup>15</sup> La palabra “toe” no tiene una traducción equivalente directa en español. El español usa el término “dedo” para referirse tanto a dedo de la mano como dedo del pie, en contraste con el inglés “toe” que se refiere específicamente a dedo del pie. De ello deriva la mayor frecuencia de uso del término en español que en inglés.

Con estos materiales se generaron cuatro condiciones experimentales en función del tipo de oración: 1) oraciones completas en inglés; 2) oraciones completas en español; 3) oración de contexto en inglés que finalizaba con la última palabra en español (cambio a español); 4) oración de contexto en español que finalizaba con la última palabra en inglés (cambio a inglés). Se generaron cuatro listas experimentales de manera que cada participante leyó tan sólo una de las cuatro versiones de cada frase de manera que nunca vio el mismo contexto oracional, ni la misma palabra diana o su equivalente traducido durante la sesión experimental. Cada lista experimental contenía 24 oraciones inglés-inglés, 24 español-español, 24 oraciones cambiando de inglés a español, y 24 oraciones cambiando de español a inglés. Dentro de cada uno de estos tipos de oraciones, los estímulos fueron equiparados en cuanto al número de oraciones pertenecientes a cada uno de los cuatro niveles del factor frecuencia relativa de uso en cada idioma, que fueron descritos anteriormente.



**Tabla 5.1. Ejemplo de oraciones (Experimento 2)**

Oración de contexto	Ausencia de cambio de idioma	Cambio de idioma	Frecuencia de la palabra diana en cada idioma
I always end up crying whenever I peel... Siempre acabo llorando cuando pelo...	onions cebollas	cebollas onions	Baja en Inglés & Baja en Español
I was about to have my soup when I realized I didn't have a... <i>Iba a comerme la sopa cuando me di cuenta de que no tenía una...</i>	spoon cuchara	cuchara spoon	Alta en Inglés & Alta en Español
When you are on a diet they recommend drinking lots of... Cuando estás a dieta te recomiendan que bebas mucha...	water agua	agua water	Alta en Inglés & Alta en Español
It didn't last a whole year but it took quite a few... <i>No duró un año entero pero sí unos cuantos...</i>	months meses	meses months	Alta en Inglés & Alta en Español
I could use my credit card, but I prefer to pay with... Podría usar mi tarjeta de crédito, pero prefiero pagar en...	cash efectivo	efectivo cash	Alta en Inglés & Baja en Español
My sister can borrow my clothes because we are the same... <i>Mi hermana puede ponerse mi ropa porque usamos la misma...</i>	size talla	talla size	Baja en Inglés & Alta en Español
His feet froze during the snowstorm, so he wasn't able to move his... Los pies se le congelaron en la tormenta de nieve y por eso no podía mover los...	toes dedos	dedos toes	Baja en Inglés & Alta en Español
The mother tried to guess if her son had a fever by touching his... <i>La madre intentó averiguar si su hijo tenía fiebre tocándole la...</i>	forehead frente	frente forehead	Alta en Español

De las 96 oraciones que cada participante leyó, la mitad de ellas finalizó con un cambio de idioma de manera aleatoria. Sin embargo, las frases fueron agrupadas en cuatro bloques en función del idioma de la frase de contexto de manera que no hubiera cambios de idioma entre las oraciones dentro de cada uno de los bloques. Dos de las cuatro listas experimentales comenzaron con un bloque de oraciones en inglés y las otras dos listas comenzaron con un bloque de oraciones en español. El idioma de cada bloque fue alternando a lo largo de la sesión. Los participantes fueron asignados a cada lista experimental semi-aleatoriamente, de manera que hubiera el mismo número de participantes dominantes en cada idioma por lista.

### 5.2.2. Participantes

Cuarenta bilingües español-inglés (25 mujeres) entre 18 y 38 años de edad (media = 26) recibieron una compensación económica por su participación en el estudio. A excepción de un participante ambidiestro, el resto de participantes fueron diestros de acuerdo con el inventario de lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971). Los participantes eran dominantes en un idioma respecto al otro (20 en inglés y 20 en español) de acuerdo con su auto-

evaluación de competencia lingüística, su ejecución comparada en cada idioma en la prueba de vocabulario de Boston (Boston Naming Test, BNT), así como en pruebas de fluidez verbal (Verbal Fluency Test, VFT) administradas en inglés y español (véase Tabla 5.2.). Concretamente, los participantes se auto-evaluaron como promedio 1.5 puntos por debajo (en una escala de 7 puntos) en la competencia relativa de un idioma sobre el otro. Asimismo, en el BNT fueron capaces de nombrar como promedio 21 dibujos más en un idioma que en el otro (rango: 11-42), y en las pruebas de fluidez verbal con letra y con categoría produjeron como promedio 14 ítems más en un idioma que en el otro. Estas pruebas de fluidez verbal computaron el número de palabras producidas durante un minuto para cada una de las letras: “F”, “A”, “S” (en inglés) y “P”, “T”, “M” (en español) (Benton y Hamsher, 1978; Rey y Benton, 1991), así como para cada una de las categorías: “animales” y “frutas y verduras” en inglés y español, alternativamente. Las instrucciones de la tarea se administraron en el idioma acorde al idioma de la tarea.

**Tabla 5.2. Participantes**

	Competencia Autoevaluada (rango: 1-7)	Edad exposición al idioma	Vocabulario de Boston (max = 60)	Fluidez verbal con letra	Fluidez verbal con categoría
Idioma No-dominante	5.3 (0.9)	6 (6.7)	33 (7.9)	37 (8.9)	31 (9.2)
Idioma Dominante	6.8 (0.4)	1 (2.2)	54 (5.3)	51 (12.4)	45 (9.2)

### 5.2.3. Procedimiento

Se explicó el procedimiento de registro del EEG y la tarea a los participantes, que dieron informe consentido de participar en el experimento. Los participantes completaron cuestionarios de lateralidad y de historial de idiomas (*CRL, Center for Research in Language, UCSD*).

La sesión experimental se inició con unas oraciones de práctica (una oración de cada tipo de condición experimental) para familiarizar a los participantes con el formato de presentación. Las oraciones se presentaron palabra a palabra en el centro de un monitor. Todas las palabras excepto aquellas que finalizaban la oración se presentaron durante 200 msecs con 300 msecs de intervalo entre estímulos. Las palabras que constituyeron el final de oración se presentaron con una duración de 500 msecs. Al final de cada oración aparecía un mensaje en pantalla: “Presione para continuar” (o su equivalente en inglés “Press to continue” en aquellos bloques con oraciones en inglés), informando a los participantes de que podían parpadear en este momento si lo necesitaban y después presionar un botón para continuar con la presentación de oraciones.

Después de administrar los cuatro bloques de oraciones que alternaban el idioma de presentación, incluyendo pequeños descansos entre cada uno de los bloques, los participantes cumplieron una prueba de reconocimiento de papel y lápiz. La prueba incluía una lista de: 1) 48 palabras nuevas (la mitad en inglés y la mitad en español) que no habían sido presentadas durante el experimento; 2) 48 palabras que habían sido presentadas como final de oración (la mitad en inglés y la mitad en español; una cuarta parte de cada una de las condiciones de frecuencia relativa entre idiomas, así como una cuarta parte de cada condición de tipo de oración); 3) 48 palabras de cebo que no habían sido presentadas físicamente en el experimento pero que constituían traducciones de palabras que efectivamente habían sido presentadas como final de oración en el otro idioma (por ejemplo, la palabra “agua” cuando en realidad la palabra que apareció en el experimento como final de oración fue “*water*”).

Después de cumplir la prueba de reconocimiento los participantes leyeron cuatro bloques más de oraciones. La mitad de estas oraciones finalizaba con una palabra semánticamente congruente o incongruente con el contexto previo. El hallazgo principal de este estudio consistió en un retraso del componente N400 de aproximadamente 27 mseg para los finales semánticamente incongruentes en el idioma menos dominante de los participantes en comparación con la latencia del efecto en su idioma dominante (Moreno & Kutas, 2005).

Una vez que la sesión de ERPs hubo finalizado, los participantes cumplieron un cuestionario sobre sus impresiones durante el experimento (p.ej. con qué frecuencia estimaban que había ocurrido un cambio de idioma en una dirección u otra). A continuación se les administraron las pruebas de vocabulario y de fluidez verbal (BNT y VFT) en español y en inglés en orden aleatorio.

#### **5.3.4. Registro electrofisiológico**

Se registró la actividad eléctrica sobre el cuero cabelludo por medio de 26 electrodos (incrustados en un gorro elástico en una configuración espacial geodésica) referenciados al electrodo situado en mastoides izquierdo mientras los participantes leían las oraciones. Se monitorizaron los parpadeos y los movimientos oculares por medio de electrodos situados en el ángulo exterior y en el canto infraorbital de cada ojo. Se mantuvieron las impedancias por debajo de 5 K $\Omega$ . La señal se amplificó con un filtro de paso de banda entre 0.01 y 100 Hz y se digitalizó a 250 Hz.

Posteriormente los datos registrados se volvieron a referenciar al promedio de actividad recogida en los mastoides izquierdo y derecho. Los ensayos contaminados por movimientos oculares, actividad muscular excesiva o bloqueo de los amplificadores se rechazaron automáticamente estableciendo umbrales de rechazo durante la inspección visual de los datos. Aproximadamente un 2% de los datos se perdió por causa de los mencionados artefactos. Además, el 11% de los ensayos contaminados con parpadeos fue corregido por medio de un algoritmo espacial de filtrado (Dale, 1994). Se aplicó un filtro de paso de banda entre 0.1 y 20 Hz a los datos y se computaron los ERPs en segmentos entre los 100 msecs previos a la aparición del estímulo y los 920 msecs. Después de la sustracción de 100 msecs preestímulo de línea base, se promediaron los ERPs para cada tipo de finalización de oración en cada condición experimental.

### **5.3. Resultados**

#### **5.3.1. Prueba de reconocimiento**

Los participantes reconocieron como promedio un 37% (rango 15-81%) de las palabras que habían aparecido previamente en el experimento en el mismo idioma en que ahora aparecían en la prueba de reconocimiento. El porcentaje más alto de reconocimiento correspondió a la condición de cambio al idioma no dominante (55%), seguido de las palabras que habían cambiado al idioma dominante (35%) y de las que no cambiaron de idioma y fueron presentadas en el idioma no dominante (35%). El porcentaje más bajo de palabras reconocidas correctamente correspondió a la condición de ausencia de cambio de idioma en oraciones presentadas en el idioma dominante (25%) (Tabla 5.3.).

Los participantes generaron un 2.4% de falsas alarmas (falso reconocimiento de palabras nuevas, que nunca habían aparecido en ninguno de los idiomas durante el experimento).

Las palabras “cebo” escritas en el idioma falso provocaron un 12% (rango 0-25%) de falsas alarmas, es decir, un falso reconocimiento de palabras que en realidad fueron presentadas durante el experimento en el idioma contrario. Entre estos errores la proporción fue similar para palabras que cambiaron al idioma dominante (14%) y para palabras que no cambiaron de idioma (13% para las que habían sido presentadas en el idioma dominante y 12% para las que habían sido presentadas en el idioma no dominante). El porcentaje más bajo de falsa alarma de idioma ocurrió en la condición de cambio al idioma no dominante (9%). Por lo tanto, el error menos frecuente en esta prueba consistió en que habiendo

experimentado durante el estudio un cambio al idioma no dominante, existiera una creencia posterior durante la prueba de reconocimiento de que la palabra había sido presentada en el idioma dominante.

**Tabla 5.3. Porcentaje de aciertos y confusiones de idioma en la prueba de reconocimiento.** \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ ; n.s.  $> .10$ .

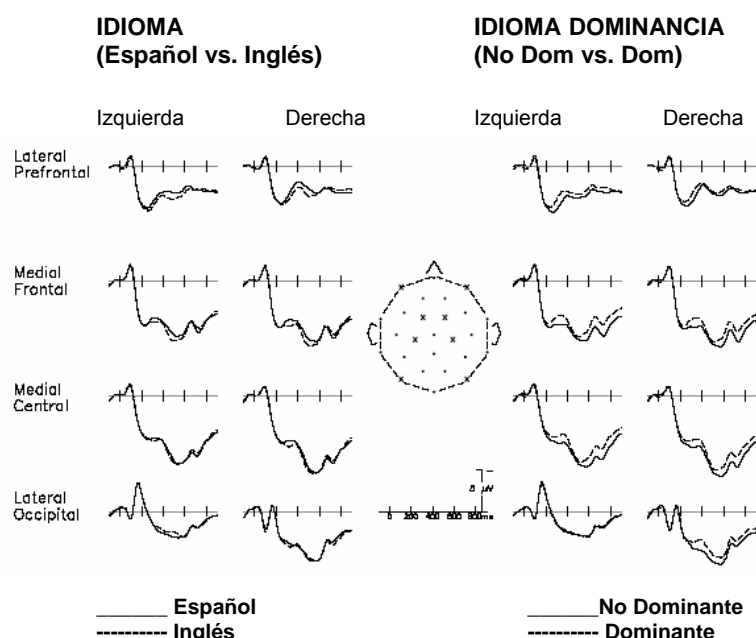
		Aciertos	Falso Idioma
Tipo de finalización:	F (1, 39)	28.82**	0.31 n.s.
Sin cambio de idioma	%	30	--
Cambio de idioma	%	45	--
Idioma de dominancia:	F (1, 39)	30.09**	2.63 n.s.
Dominante	%	30	--
No dominante	%	45	--
Tipo de finalización x Idioma de dominancia:	F (1, 39)	4.84*	1.44 n.s.
Cambio al idioma Dominante	%	35	--
Cambio al idioma No dominante	%	55	--
Idioma Dominante (sin cambio)	%	25	--
Idioma No dominante (sin cambio)	%	35	--
Frecuencia relativa de uso en cada idioma:	F (3, 117)	18.80**	7.19**
Baja en No dom / Alta en Dom	%	34	8
Baja en ambos idiomas	%	51	17
Alta en ambos idiomas	%	28	11
Alta en No dom / Baja en Dom	%	37	11
Tipo de finalización x Frecuencia de uso:	F (3, 117)	2.81*	2.91*
Baja en No dom / Alta en Dom	%	42	9
Cambio			
Baja en ambos idiomas	%	59	14
Alta en ambos idiomas	%	31	12
Alta en No dom / Baja en Dom	%	47	10
Sin cambio			
Baja en No dom / Alta en Dom	%	26	8
Baja en ambos idiomas	%	43	21
Alta en ambos idiomas	%	24	9
Alta en No dom / Baja en Dom	%	26	12
Idioma de dominancia x Frecuencia	F (3, 117)	1.69 n.s.	1.07 n.s.
Tipo de finalización x Idioma Dom. x Frecuencia	F (3, 117)	1.93 n.s.	0.92 n.s.

El análisis de la prueba de reconocimiento en base a la frecuencia de uso de las palabras reveló que en general las palabras de baja frecuencia obtuvieron un mejor reconocimiento que las palabras de alta frecuencia (porcentaje de aciertos: baja frecuencia = 44%; alta frecuencia = 30%). En particular, las palabras de baja frecuencia de uso en ambos idiomas fueron reconocidas con un mayor porcentaje de aciertos (51%) comparado a las demás, mientras que las palabras de alta frecuencia en ambos idiomas sólo fueron correctamente reconocidas en un 28%. Las palabras que tenían una frecuencia relativamente más alta o baja en un idioma respecto al otro, fueron ligeramente mejor reconocidas cuando la frecuencia era baja en el idioma dominante y alta en el idioma no dominante (37%) en comparación con palabras cuya frecuencia era baja en el idioma no dominante y alta en el idioma dominante (34%).

### 5.3.2. Potenciales Evento-Relacionados

#### 5.3.2.1. Resultados globales

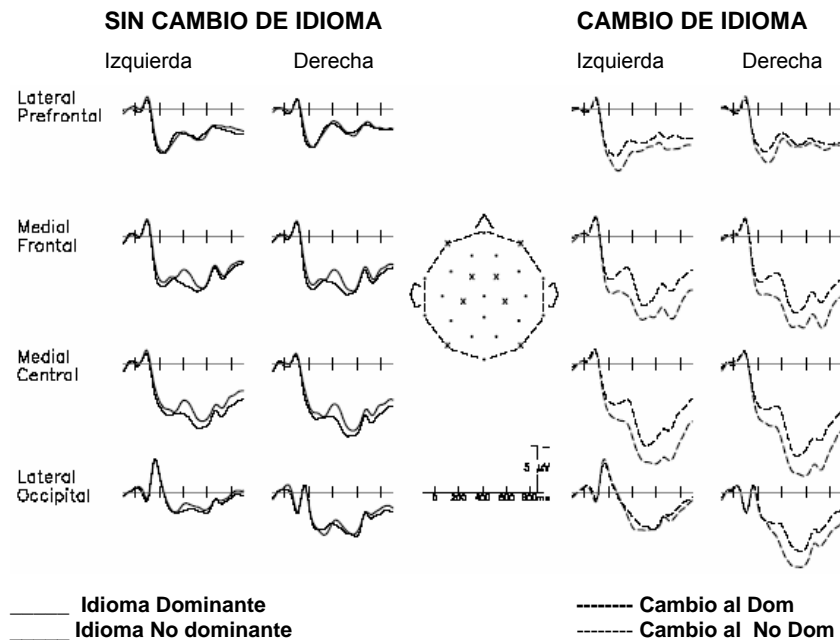
Como muestra la Figura 5.1. (panel de la izquierda), la respuesta cerebral, agrupando las oraciones que cambiaron o no de idioma, fue muy similar para frases en inglés y frases en español. Sin embargo, en el panel derecho de la Figura 5.1., aparecen diferencias en la respuesta a oraciones dependiendo de si se trataba del idioma dominante o no dominante de los participantes. La respuesta al idioma no dominante (líneas continuas) fue más positiva desde 200 msecs hasta el final de la época de registro en comparación con la respuesta a finales en el idioma dominante (líneas discontinuas).



**Figura 5.1. Respuesta cerebral al idioma *per se* (panel izquierdo) frente a la respuesta cerebral al idioma de dominancia (panel derecho).**

La Figura 5.2. muestra la respuesta a cambios de idioma en el panel derecho de la figura y la respuesta a la ausencia de cambios de idioma en el panel izquierdo. En ambos paneles se superponen las respuestas en función del idioma de dominancia. Los cambios de idioma (líneas discontinuas) difieren dependiendo de la dirección del cambio de idioma (del idioma dominante al no dominante o viceversa). Más específicamente, entre 200 y 400 msecs los cambios al idioma dominante (líneas discontinuas gruesas) presentan una negatividad en relación con la respuesta a los cambios al idioma no dominante (líneas discontinuas finas). Además, el efecto LPC es de mayor amplitud desde los 400 msecs y

hasta el final de la época para cambios al idioma no dominante comparado con la respuesta a los cambios al idioma dominante.



**Figura 5.2. Respuesta cerebral al cambio de idioma (panel derecho) frente a la respuesta cerebral a la ausencia de cambio de idioma (panel izquierdo).**

Las respuestas a las oraciones que no cambiaron de idioma también difieren (líneas continuas del panel izquierdo de la figura 5.2.). La ausencia de un cambio de idioma provocó en torno a los 400 msecs una respuesta negativa para el idioma no dominante (líneas continuas finas) en relación con la ausencia de cambio de idioma en el idioma dominante (líneas continuas gruesas).

En resumen, se produjo una onda negativa entre 200 y 400 msecs de mayor amplitud cuando ocurrió un cambio al idioma dominante (en comparación con la producida cuando ocurrió un cambio en la dirección opuesta). Además, la amplitud del efecto LPC fue de mayor amplitud, en cambio, cuando el cambio de idioma se produjo al idioma no dominante que viceversa.

En cambio, cuando hubo una ausencia de cambio de idioma al final de la oración, se produjo una negatividad entre 300 y 600 msecs para aquellos finales presentados en el idioma no dominante en comparación con la condición en la cual hubo una ausencia de cambio de idioma durante la lectura de una oración en el idioma dominante.

Se llevaron a cabo análisis de varianza (ANOVAs) sobre medidas de amplitud en tres ventanas de tiempo (de 250 a 450 msecs, 450-650 msecs, y 650-850 msecs). Cada análisis incluyó tres variables de medidas repetidas: tipo de oración (cambio de idioma o ausencia de cambio de idioma), idioma de dominancia (dominante o no dominante) y 26 electrodos sobre los 40 participantes. Los análisis revelaron efectos principales del tipo de oración y de idioma de dominancia, así como una interacción significativa entre el tipo de oración y el idioma de dominancia en las tres ventanas de tiempo (véase Tabla 5.4.).

**Tabla 5.4. Resultados globales**

		250- 450 ms	450- 650 ms	650- 850 ms
Tipo de finalización:	F (1, 39)	9.71**	39.48**	43.89**
Sin cambio de idioma	Amplitud ( $\mu$ V)	3.6	4.4	3
Con cambio de idioma	Amplitud ( $\mu$ V)	4.4	6.7	5.4
Tipo de finalización x Electrodo	F (25, 975)	7.22**	19.70**	15.13**
Idioma de Dominancia:	F (1, 39)	7.03*	3.74#	6.54*
Dominante	Amplitud ( $\mu$ V)	3.7	5.3	3.8
No dominante	Amplitud ( $\mu$ V)	4.3	5.8	4.6
Idioma de Dominancia x Electrodo	F (25, 975)	1.43	1.43	2.77*
Tipo de finalización x Idioma de Dominancia	F (1, 39)	23.74**	15.46**	16.45**
Cambio al idioma Dominante	Amplitud ( $\mu$ V)	3.6	5.9	4.4
Cambio al idioma No dominante	Amplitud ( $\mu$ V)	5.3	7.5	6.4
Dominante (sin cambio)	Amplitud ( $\mu$ V)	3.9	4.6	3.2
No dominante (sin cambio)	Amplitud ( $\mu$ V)	3.4	4.1	2.8
Tipo de finalización x Idioma de Dominancia x Electrodo	F (25, 975)	4.76**	5.24**	5.51**

\*\* p < .01; \* p < .05; # p = 0.06

En términos generales, en todas las ventanas de tiempo analizadas, las medidas de amplitud fueron de polaridad más positiva para los cambios de idioma que para la ausencia de cambios de idioma. Igualmente, las respuestas a finales de oración en el idioma no dominante fueron más positivas que las respuestas a finales en el idioma dominante. La interacción del tipo de oración con el idioma de dominancia fue explorada en mayor profundidad a través de comparaciones planeadas. Dichas comparaciones revelaron que, a través de las tres ventanas de tiempo, las diferencias de amplitud fueron estadísticamente significativas entre los cambios hacia un idioma u otro pero no entre oraciones con ausencia de cambio de idioma en un idioma u otro. Sin embargo, los patrones de onda para oraciones que cambiaron o no de idioma en cada uno de los idiomas fueron divergentes en diferentes momentos temporales. La ausencia de cambios de idioma en un idioma frente al otro diverge a los 350 msecs, mientras que el cambio de idioma en una dirección u otra diverge ya a los 200 msecs. En consecuencia, se realizaron análisis independientes para cada tipo de oración (con o sin cambio de idioma) que se pasan a describir a continuación.



### 5.3.2.2. Oraciones sin cambio de idioma

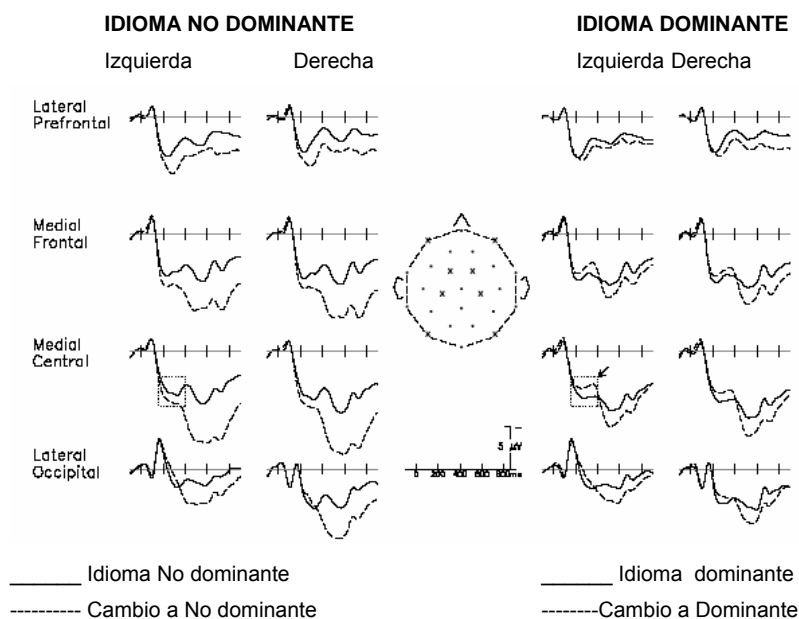
Entre 350-550 msecs la respuesta a oraciones que no cambian de idioma presentó una mayor negatividad (3.51  $\mu\text{V}$ ) para el idioma no dominante que para el idioma dominante (4.29  $\mu\text{V}$ ) [ $F(1,39) = 5.26$ ;  $p = 0.03$ ] (véase el panel izquierdo de la figura 5.2.).

### 5.3.2.3. Oraciones con cambio de idioma

La respuesta cerebral al cambio al idioma no dominante mostró una mayor positividad extendida durante 200-900 msecs que la respuesta al cambio al idioma dominante [cambio al idioma no dominante = 6.13  $\mu\text{V}$ ; cambio al idioma dominante = 4.46  $\mu\text{V}$ ;  $F(1,39) = 29.95$ ;  $p = 0.00$ ] (véase el panel derecho de la figura 5.2.).

### 5.3.2.4. Finales de oración en el idioma dominante y no dominante (en función de si la palabra constituía un cambio de idioma o no)

La Figura 5.3. muestra la respuesta a las palabras que finalizan la oración en función de si hubo un cambio al idioma alternativo (líneas discontinuas) o si fue una continuación de la oración en el idioma en curso (líneas continuas).

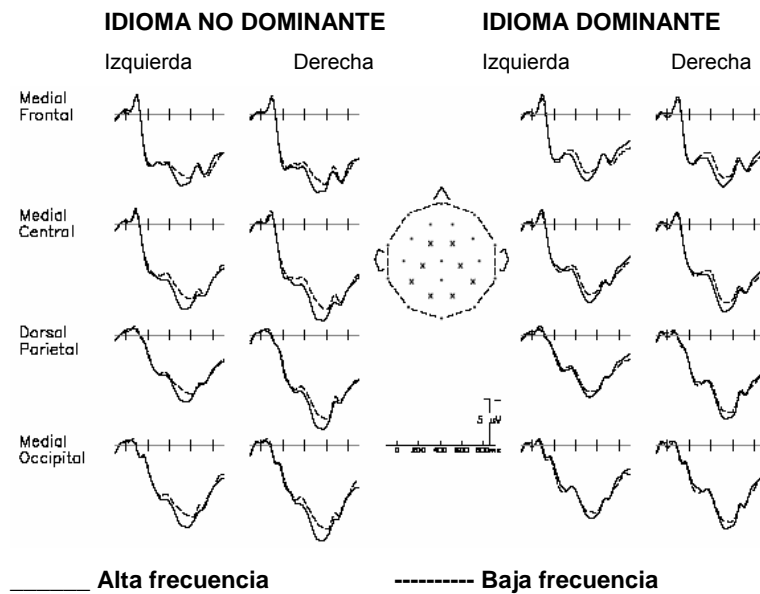


**Figura 5.3. Efectos del cambio de idioma en el idioma no dominante (panel izquierdo) y en el idioma dominante (panel derecho).**

En el panel izquierdo de la figura se comparan entre sí los finales en el idioma no dominante (los que cambiaron de idioma y los que no), mientras que en el panel derecho se comparan los finales en el idioma dominante (los que cambiaron de idioma y los que no). En la izquierda, un cambio al idioma no dominante genera una amplia positividad, 200 msecs después de la aparición de la palabra, en comparación con el procesamiento de esa misma palabra en el idioma no dominante cuando estaba incluida en una oración de contexto en el mismo idioma [ $F(1,39) = 72.41$ ;  $p = 0.00$ ]. En cambio, en el panel derecho de la figura, el cambio al idioma dominante genera inicialmente una onda de tendencia negativa entre 200 y 400 msecs en la mayoría de los electrodos (excluyendo los electrodos frontales) en comparación con el procesamiento de esa misma palabra cuando fue presentada en un contexto oracional en el propio idioma dominante [ $F(1,39) = 3.36$ ;  $p = 0.07$ ; interacción cambio de idioma x electrodo  $F(25, 975) = 4.75$ ;  $p = 0.00$ ]. Este potencial de tendencia negativa se resalta en la figura con un recuadro punteado sobre el electrodo central medial (recuadro indicado con una flecha). Véase como este efecto está ausente en el electrodo homólogo cuando el cambio ocurría al idioma no dominante (panel izquierdo de la figura). A continuación de este efecto negativo, se observa un efecto LPC desde los 400 msecs hasta el final de la época de características similares al observado cuando se produjo un cambio en la dirección opuesta. Sin embargo, el efecto LPC es relativamente de menor amplitud cuando el cambio se produce al idioma dominante comparado con el que se produce en respuesta al cambio al idioma no dominante.

### 5.3.2.5. Efectos de frecuencia en cada idioma

Se computaron los grandes promedios para los finales diana dependiendo de su frecuencia de uso (alta o baja), para el idioma dominante y el no dominante por separado (véase la Figura 5.4.).



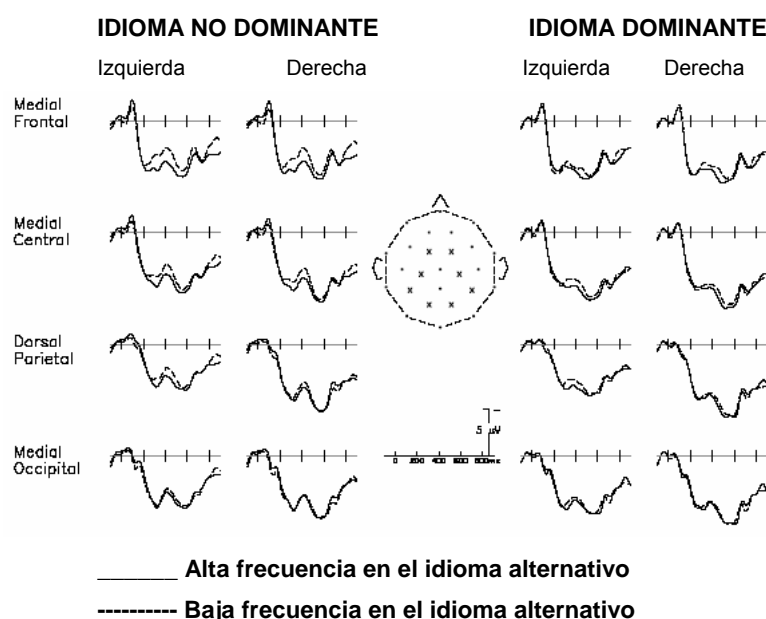
**Figura 5.4. Efectos de frecuencia en el idioma dominante (panel derecho) y no dominante (panel izquierdo).**

Entre 300-600 msecs la respuesta a una palabra de baja frecuencia mostró una mayor negatividad que la respuesta a una palabra de alta frecuencia en ambos idiomas. El análisis estadístico reveló que este efecto de frecuencia no era significativo en el idioma dominante (panel derecho de la Figura 5.4). Sin embargo, el efecto era marginalmente significativo en el idioma no dominante (panel izquierdo de la figura 5.4.) (final de alta frecuencia = 5.43  $\mu$ V, final de baja frecuencia = 4.89  $\mu$ V;  $F(1,39) = 3.16$ ;  $p = 0.08$ ). En este caso, el factor frecuencia interactuó significativamente con la posición del electrodo [ $F(25,975) = 39.03$ ;  $p = 0.04$ ]. Por lo tanto, se repitió el análisis sobre una selección de 9 electrodos posteriores sobre los cuales el efecto se mostraba más pronunciado (electrodos izquierdo, de la línea media, y derecho en posiciones central medial, parietal dorsal, y occipital medial). El análisis reveló que el efecto de frecuencia (es decir, una mayor negatividad para palabras de baja que de alta frecuencia) fue significativo sobre esta selección de canales posteriores [ $F(1,39) = 5.83$ ;  $p = 0.02$ ], únicamente en el idioma no dominante.

Por último, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) adicionales con el objetivo de investigar el impacto de la frecuencia de uso de la palabra en el idioma alternativo sobre el procesamiento de las palabras diana. Estos análisis se llevaron a cabo de manera independiente para cada tipo de oración (con cambio o no de idioma así como en el idioma dominante o no dominante). Los resultados de estos análisis se presentan a continuación.

### 5.3.2.6. Ausencia de cambios de idioma en el idioma dominante y no dominante (en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo)

Cuando los participantes se enfrentaron a la tarea de leer en su idioma no dominante sin que ocurriera un cambio de idioma, sus respuestas cerebrales ERP mostraron una modulación en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo dominante (incluso a pesar de que la palabra en cuestión no fuera nunca presentada en pantalla). Agrupando los finales de oración de alta y baja frecuencia en el idioma no dominante, entre 250 y 550 msecs la frecuencia de la palabra en el idioma dominante (es decir, sí esta era alta o baja) provocó un efecto marginalmente significativo [ $F(1,39) = 3.88$ ;  $p = 0.06$ ] sobre el procesamiento del final no dominante y no cambiado de idioma. Específicamente, la respuesta cerebral tuvo una tendencia más negativa ( $3.24 \mu\text{V}$ ) si la palabra en el idioma dominante era de baja frecuencia que si esta era de alta frecuencia ( $4.01 \mu\text{V}$ ). Por el contrario, el análisis equivalente al ya descrito (amplitud media entre 250-550 msecs) reveló la ausencia de un efecto significativo de la frecuencia de la palabra en el idioma no dominante [ $F(1,39) = 0.41$ ;  $p = \text{n.s.}$ ] (Figura 5.5.), para aquellos finales de oración que no cambiaron de idioma en el idioma dominante.

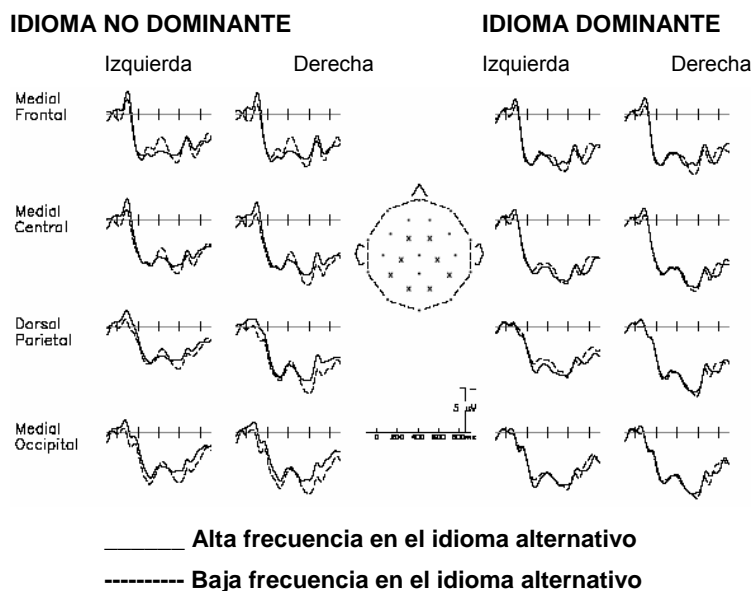


**Figura 5.5. Efecto de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo para oraciones sin cambio de idioma.** El idioma no dominante se representa en el panel izquierdo de la figura y el idioma dominante en el panel derecho.

Dado que la frecuencia de la palabra que estaba siendo procesada (el hecho de que esta fuera de alta o de baja frecuencia) había mostrado previamente un impacto diferente en cada idioma (dominante o no dominante), se realizaron análisis adicionales por separado

para aquellos finales de alta o de baja frecuencia no cambiados de idioma en el idioma dominante y no dominante.

*Ausencia de cambio de idioma para una palabra de baja frecuencia de uso en el idioma dominante y no dominante en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo.*



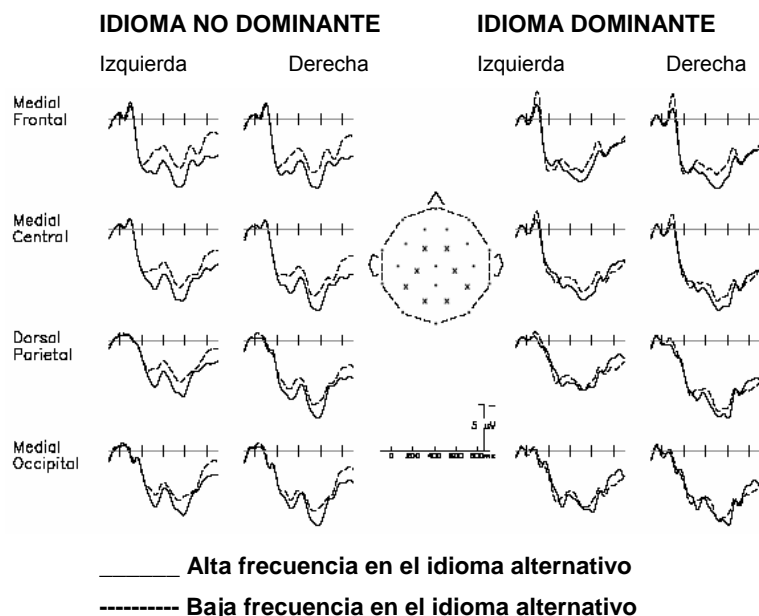
**Figura 5.6. Efecto de procesar una palabra de BAJA frecuencia sin cambiar de idioma dependiendo de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo.** El idioma no dominante se representa en el panel izquierdo de la figura y el idioma dominante en el panel derecho.

El análisis del procesamiento de una palabra de baja frecuencia que no cambió de idioma reveló diferencias en función del idioma de dominancia. Si la frecuencia de uso de la palabra en el idioma no dominante era baja, la frecuencia de su equivalente en el idioma dominante (si esta era alta o baja) ejerció una influencia. Particularmente, cuando la frecuencia de la palabra alternativa en el idioma dominante era en contraste de alta frecuencia, se producía un aumento de la negatividad en la ventana de 0 a 150 msecs (N1) ( $-0.77 \mu\text{V}$ ) comparado a cuando la palabra era también de baja frecuencia en el idioma alternativo dominante ( $0.12 \mu\text{V}$ ) [ $F(1,39) = 4.44$ ;  $p = 0.04$ ] (véase el panel izquierdo de la figura 5.6.). En cambio, para los finales de baja frecuencia en el idioma dominante, aunque parece que una negatividad similar ocurre en ciertos electrodos específicos (panel derecho de la figura 5.6.), el efecto de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo no alcanzó significación estadística [0-150 msecs:  $F(1,39) = 0.9$ ;  $p = \text{n.s.}$ ; 0-100 msecs:  $F(1,39) = 2.01$ ;  $p = \text{n.s.}$ ]. Con el objetivo de comprobar si este efecto se encontraba en cierto modo localizado en electrodos frontales en lugar de tener una amplia distribución, se replicó el análisis sobre una selección de 11 electrodos prefrontales y frontales donde el efecto se mostraba más prominente. Sin embargo, el efecto no alcanzó significación estadística en esta selección de electrodos frontales [0-150 msecs:  $F(1,39) = 1.98$ ;  $p = \text{n.s.}$ ; 0-100 msecs:

$F(1,39) = 2.52; p = n.s.$ ]. Por lo tanto, se generó un efecto N1 cuando la frecuencia de la palabra en el idioma en curso era baja y la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo era alta, en comparación con cuando ambas frecuencias eran bajas en los dos idiomas. Sin embargo, este efecto fue exclusivamente significativo cuando se leía en el idioma no dominante sin cambiar al idioma dominante y no viceversa. Además, en torno a los 400 msecs la frecuencia en el idioma alternativo ejerció un impacto durante la lectura en el idioma no dominante. Se generó un pico negativo de distribución frontal si la frecuencia de la palabra era baja en ambos idiomas en comparación con una palabra de baja frecuencia en el idioma en curso pero alta frecuencia en el idioma alternativo dominante. Sin embargo, el efecto no alcanzó significación estadística sobre todos los electrodos o sobre una selección de 11 electrodos frontales [300-500 msecs: 26 electrodos:  $F(1,39) = 0.73; p = n.s.$ ; 11 frontales:  $F(1,39) = 2.23; p = n.s.$ ]. La positividad que se genera a continuación entre 500 msecs y el final de la época tampoco alcanzó significación estadística [500-900 msecs:  $F(1,39) = 0.27; p = n.s.$ ].

*Ausencia de cambio de idioma para una palabra de alta frecuencia de uso en el idioma dominante y no dominante en función de la frecuencia de dicha palabra en el idioma alternativo.*

Se realizaron una serie de análisis similares a los previamente descritos sobre el procesamiento de las palabras de alta frecuencia que no cambiaron de idioma, en cada uno de los idiomas de dominancia, con el objetivo de investigar el impacto de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo.



**Figura 5.7. Efecto de procesar una palabra de ALTA frecuencia sin cambiar de idioma dependiendo de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo.** El idioma no dominante se representa en el panel izquierdo de la figura y el idioma dominante en el panel derecho.

Como puede observarse en la figura 5.7., entre 200 y 900 msecs la respuesta cerebral al procesamiento de las palabras del idioma no dominante de alta frecuencia y no cambiadas de idioma, fue más positiva si la palabra alternativa en el idioma dominante era también de alta frecuencia ( $4.07 \mu V$ ) que si la palabra era en cambio de baja frecuencia ( $2.87 \mu V$ ) [ $F(1,39) = 5.12$ ;  $p = 0.03$ ] (panel izquierdo de la figura 5.7.). En cambio, la respuesta a un final de alta frecuencia en el idioma dominante no resultó igualmente alterada por la frecuencia que la palabra tuviera en el idioma alternativo no dominante [200-900 msecs:  $F(1,39) = 0.77$ ;  $p = n.s.$ ]. Sin embargo, si se generó un efecto N1 similar al que fue descrito previamente para palabras del idioma no dominante de baja frecuencia que no cambiaron de idioma. Este efecto temprano entre 0 y 150 msecs no fue significativo sobre todos los electrodos y fue marginalmente significativo sobre una selección de 11 electrodos prefrontales y frontales [ $F(1,39) = 4.03$ ;  $p = 0.05$ ]. El efecto consistió en una negatividad más pronunciada ( $-0.63 \mu V$ ) cuando el idioma alternativo (no dominante) presentaba una frecuencia relativamente baja frente al idioma dominante en curso, en comparación con la condición en la cual la palabra poseía una alta frecuencia de uso en ambos idiomas ( $0.27 \mu V$ ).

Este efecto es comparable al que se describió previamente. En este caso, un aumento en la respuesta N1 ocurre cuando la frecuencia en el idioma en curso (dominante) es alta y la frecuencia en el idioma alternativo (no dominante) es baja (en comparación con la respuesta a una palabra que es similarmente alta en ambos idiomas) (panel derecho de la

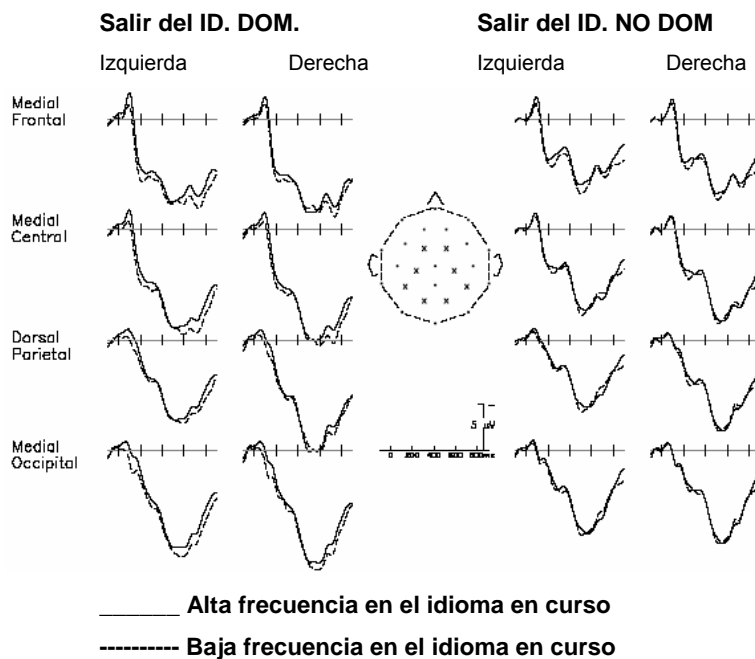
figura 5.7.). En el caso previamente descrito, el aumento en la respuesta N1 se producía cuando la frecuencia en el idioma en curso (no dominante) era baja y la alternativa en el otro idioma (dominante) era de alta frecuencia (en comparación con la respuesta a una palabra similarmente baja en ambos idiomas) (panel izquierdo de la figura 5.6.). En cierto sentido, cuando se leían frases que no presentaban un cambio de idioma al final de la oración, el impacto de la frecuencia de la palabra alternativa en el otro idioma fue similar (efecto N1) en dos situaciones: 1) cuando una palabra de alta frecuencia en el idioma dominante podría haber sido sustituida por una palabra de baja frecuencia en el idioma no dominante (a pesar de que no lo fue); 2) cuando una palabra de baja frecuencia en el idioma no dominante no fue de hecho sustituida por su homóloga de alta frecuencia en el idioma dominante.

### **5.3.2.7. Cambios al idioma dominante y no dominante (en función de la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo)**

Después de examinar la respuesta a las oraciones que no cambiaron de idioma, procedimos a examinar la respuesta cerebral cuando de hecho se forzó a los participantes a cambiar de idioma, en función de cual era la frecuencia de la palabra en el idioma en curso (a pesar de que dicha palabra nunca fuera en realidad presentada sino imaginaria puesto que ocurrió un cambio a la palabra en el idioma alternativo).

Como muestra la Figura 5.8., el hecho de que se forzara un cambio para una palabra de alta o de baja frecuencia en el idioma dominante (panel de la izquierda) tuvo un impacto en la respuesta cerebral al cambio de idioma, mientras que el hecho de que la frecuencia fuera alta o baja para el idioma no dominante no tuvo tal impacto (panel de la derecha).





**Figura 5.8. Efecto del cambio de idioma al procesar una palabra en el idioma alternativo dependiendo de la frecuencia de la palabra en el idioma en curso.**

Cuando se forzó a los participantes a cambiar del idioma dominante al no dominante en una palabra que hubiera tenido alta frecuencia de uso en el idioma en curso (dominante) ( $-0.68 \mu\text{V}$ ) comparado con una palabra que tuviera baja frecuencia de uso ( $-0.03 \mu\text{V}$ ) mostró un ensalzamiento marginalmente significativo [ $F(1,39) = 3.38$ ;  $p = 0.07$ ] de la negatividad temprana (entre 0 y 150 msecs). A diferencia de los efectos N1 observados previamente, este efecto mostró más bien una distribución espacial posterior. Se replicó este análisis sobre una selección de 9 electrodos posteriores, revelando que entre 0 y 150 msecs existió una negatividad de mayor amplitud ( $-0.62 \mu\text{V}$ ) para “abandonar” el procesamiento de una palabra de alta frecuencia que para “abandonar” el procesamiento de una palabra de baja frecuencia ( $0.33 \mu\text{V}$ ) cuando se estaba leyendo en el idioma dominante al ocurrir un cambio al idioma no dominante [ $F(1,39) = 5.03$ ;  $p = 0.03$ ] (Figura 5.8.). En cambio, la frecuencia de la palabra (si esta era de alta o de baja frecuencia) en el idioma en curso cuando este era el idioma no dominante no afectó a la respuesta al cambio de idioma [0-150 msecs; 26 electrodos:  $F(1,39) = 0.07$ ;  $p = \text{n.s.}$ ; 9 electrodos posteriores:  $F(1,39) = 0.13$ ;  $p = \text{n.s.}$ ].

Obsérvese en la Figura 5.9. como el efecto N1 previamente descrito está siempre presente al “abandonar” el idioma dominante (las dos columnas más a la izquierda) independientemente de que la frecuencia de la palabra presentada en el idioma no dominante fuera alta (primera columna) o baja (segunda columna). Nótese que en esta

figura se muestran sólo los electrodos de la línea media para mostrar la misma comparación que en la Figura 5.8., pero esta vez en función de la frecuencia de la palabra que fue realmente presentada. En el panel derecho de la figura puede observarse, en cambio, que no existe un efecto N1 para “abandonar” una palabra de alta o de baja frecuencia de uso en el idioma en curso (siendo esta vez el idioma no dominante) ni para palabras presentadas en el idioma dominante de alta frecuencia (tercera columna), ni de baja frecuencia (cuarta columna).

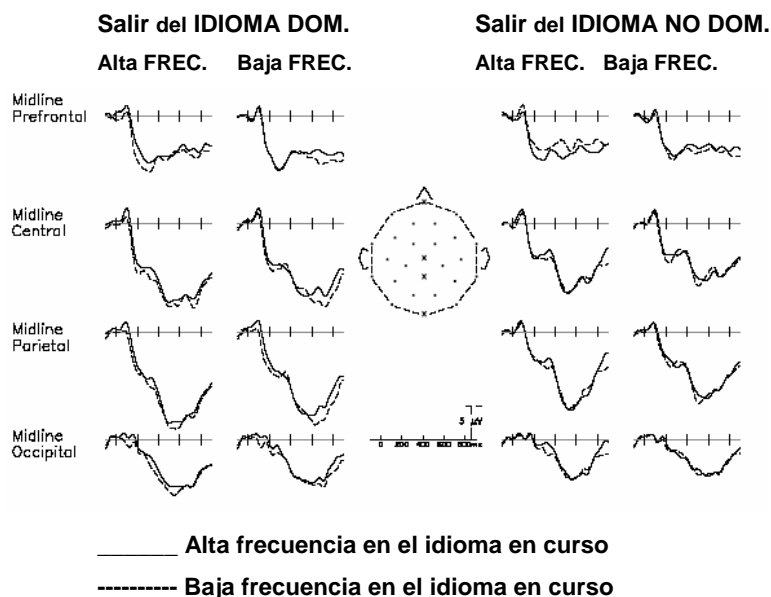


Figura 5.9. Efecto del cambio de idioma para procesar una palabra de alta (columnas 1 y 3) o baja frecuencia (columnas 2 y 4) en el idioma alternativo dependiendo de la frecuencia de la palabra en el idioma en curso.

### 5.3.2.8. Resumen de resultados

En términos generales, el procesamiento de oraciones en inglés y español fue similar para aquellas oraciones que forzaron a un cambio de idioma y para aquellas oraciones que no lo hicieron. También en términos generales, el cambio de idioma generó una acentuación de la positividad posterior o del efecto LPC entre 200 y 900 msecs en comparación con el procesamiento de las oraciones que no cambiaron de idioma. La competencia relativa de vocabulario en un idioma sobre otro ejerció un efecto en ambos tipos de oraciones (las que cambiaron de idioma y las que no lo hicieron).

La respuesta cerebral a las oraciones que no cambiaron de idioma fue modulada por la competencia en el idioma. El procesamiento de finales de oración en el idioma no dominante (sin cambiar de idioma) mostró una negatividad entre 350 y 550 msecs en comparación con el procesamiento de oraciones en el idioma dominante que tampoco cambiaron de idioma. Además, el análisis de frecuencia de las palabras reveló que el procesamiento de finales de oración sin cambiar de idioma se encontró en algunos casos y no en otros modulado por la frecuencia de la palabra en el idioma alternativo (a pesar de que la palabra en el idioma alternativo nunca fue presentada porque en realidad no ocurrió un cambio de idioma en estas oraciones). En términos generales, la respuesta a una ausencia de cambio de idioma cuando se leía en el idioma no dominante estuvo influenciada por la frecuencia en el idioma alternativo dominante. Por lo tanto, aunque estemos

evaluando la respuesta a una palabra en el idioma no dominante, las características de la palabra homóloga en el idioma dominante parecen estar filtrándose y modulando la respuesta cerebral. En cambio, la “filtración” de las características de la palabra en el idioma no dominante cuando se está leyendo en el idioma dominante sin cambiar de idioma, es muy limitada. La única situación en la cual la frecuencia en el idioma no dominante tuvo un impacto en el procesamiento del idioma dominante apareció cuando se procesaba una palabra en el idioma dominante que era de alta frecuencia de uso en ambos idiomas en comparación con la lectura de una palabra de alta frecuencia en el idioma dominante pero de baja frecuencia en el idioma no dominante.

Por otra parte, la respuesta a los cambios de idioma (cuando estos realmente ocurrieron) resultó modulada por la dirección del cambio en varios sentidos. En primer lugar, el cambio al idioma dominante mostró una negatividad entre 200 y 400 msecs previa a la positividad, en comparación con el cambio al idioma no dominante, que siempre se mostró positivo desde el momento en que divergía de la ausencia de cambio de idioma hasta el final de la época de registro. En segundo lugar, la positividad tardía fue relativamente más amplia para los cambios al idioma no dominante que para los cambios al idioma dominante. Es interesante también destacar que la respuesta a los cambios reales de idioma se encontró modulada por la frecuencia de uso de la palabra en el idioma en curso (a pesar de que nunca fue realmente presentada porque ocurrió un cambio de idioma) únicamente cuando se leía en el idioma dominante. En este sentido, se observó un ensalzamiento de la respuesta cerebral temprana cuando se forzó a “abandonar” el procesamiento de una palabra de alta frecuencia en el idioma dominante en comparación con el “abandono” de una palabra de baja frecuencia en el idioma dominante. Esta diferencia entre “abandonar” el procesamiento de una palabra de alta o de baja frecuencia no se encuentra presente cuando en cambio fuerza a “abandonar” el idioma no dominante.

## 5.4. Discusión

El objetivo de este estudio consistía en examinar la habilidad de los bilingües para procesar cambios de idioma así como la ausencia de cambios de idioma al final de oraciones, en función de la dominancia con cada idioma y la frecuencia relativa de uso de la palabra esperada como final de oración.

### 5.4.1. El efecto del cambio de idioma y el efecto de la dirección del cambio

El procesamiento de un cambio de idioma durante una tarea de comprensión lectora generó un efecto LPC, replicando los resultados del primer estudio presentado en esta Tesis, independientemente del idioma *per se* (inglés o español) en el cual ocurría el cambio. Sin embargo, la dirección del cambio de idioma, es decir, si este se producía del idioma dominante al no dominante o viceversa, reveló un patrón de ondas ERP diferente. Comparado con el procesamiento de una oración que no cambia de idioma, el patrón de ERP para los cambios al idioma dominante mostró una negatividad desde aproximadamente 200 msecs después del cambio de idioma seguida de un efecto LPC a los 400 msecs, mientras que los cambios al idioma no dominante mostraron únicamente el efecto LPC desde 200 a 900 msecs. Este resultado se asemeja al patrón diferencial de resultados encontrado al cambiar de idioma en una dirección u otra en el estudio previo de ERP elaborado por Jackson y sus colaboradores en tareas de producción de lenguaje (Jackson y cols., 2001). Este estudio encontró un efecto N2 frontal (al cambio de idioma comparado con la ausencia de cambio de idioma) únicamente cuando se cambió a nombrar dígitos en el segundo idioma (L2) pero no cuando se cambió a nombrar dígitos en el primer idioma (L1). Los autores interpretaron este efecto N2 como un índice de la necesidad de inhibir el uso de L1 cuando se requiere el cambio para pasar a usar L2, y no en sentido inverso. Nuestro estudio difiere de este estudio fundamentalmente en que en nuestro caso se trata de procesos de comprensión lingüística y no de producción lingüística (nombrar dígitos). Sin embargo, nosotros también encontramos una asimetría en el patrón de respuestas ERP cuando comparamos cambios de idioma en una dirección u otra. Este consiste, en nuestro estudio, en el potencial negativo previo al efecto LPC que aparece exclusivamente cuando el cambio de idioma se realiza hacia el idioma dominante. La distribución más posterior que frontal de este efecto sugiere que podría considerarse un efecto N400 quizás interrumpido por o superpuesto al efecto LPC que ocurre posteriormente. Este patrón de resultados sugiere que un cambio al idioma dominante se procesa inicialmente más bien a nivel

semántico que un cambio al idioma no dominante (para el cual este efecto previo N400 está ausente y sólo aparece el efecto LPC).

En relación con el efecto LPC de nuestro estudio para cambios de idioma en cualquier dirección, hemos de resaltar que los efectos LPC están generalmente asociados con el procesamiento de eventos inesperados y relevantes a la tarea (ej. Donchin, 1981; McCallum y cols., 1984). En nuestro estudio, la amplitud del efecto LPC resultó de mayor amplitud para los cambios al idioma no dominante (en comparación con los cambios al idioma dominante). Es también importante destacar que el reconocimiento posterior de las palabras diana también resultó ser mejor para aquellas palabras que pertenecieron a la condición experimental de cambio al idioma no dominante. Por lo tanto, la mayor amplitud del efecto LPC para cambios al idioma no dominante podría estar indicando un procesamiento cerebral diferente de este tipo de cambio de idioma (al idioma no dominante) que, en virtud de mostrar un mayor impacto de tipo visual o físico, conlleva a unos mejores resultados en la prueba de reconocimiento posteriormente realizada.

#### **5.4.2. Efectos de la frecuencia de la palabra en cada idioma**

Encontramos fenómenos interesantes en relación con la frecuencia relativa de uso de las palabras en cada idioma. En primer lugar, combinando los finales de oración que cambiaron o no de idioma, encontramos un efecto puro de frecuencia (un potencial de mayor negatividad para palabras de baja que de alta frecuencia) sólo para el idioma no dominante y no para el idioma dominante, indicando una mayor sensibilidad a la frecuencia de uso en el idioma más débil.

Para los finales que no cambiaron de idioma, combinando las oraciones en las que el final de la oración tenía alta o baja frecuencia, la frecuencia del idioma no relevante influyó el procesamiento del idioma diana solamente en una dirección, es decir, la frecuencia en el idioma dominante influyó el procesamiento del idioma no dominante en la región N400, pero no viceversa. Además, cuando estas oraciones que no cambiaron de idioma se dividieron de acuerdo con la frecuencia del final de oración (si era de alta o de baja frecuencia) se observó un efecto N1 en dos situaciones específicas. En primer lugar, se generó una potenciación de la N1 cuando hubo una ausencia de cambio al idioma dominante mientras que la frecuencia de la palabra en el idioma en curso (no dominante) era baja y la palabra alternativa en el idioma dominante era de alta frecuencia. Del mismo modo, se potenció el efecto N1 cuando los participantes se encontraban leyendo en el

idioma dominante una palabra de alta frecuencia que podría haber cambiado a una palabra de baja frecuencia en el idioma no dominante (aunque de hecho este cambio nunca ocurrió). Nosotros interpretamos estos efectos N1 como evidencia de una preferencia al cambio al idioma dominante para una palabra de alta frecuencia de uso así como de una preferencia a permanecer en el idioma dominante si la palabra es de alta frecuencia y la alternativa en el idioma no dominante es de baja frecuencia.

Finalmente, los cambios de idioma se encontraron afectados por la frecuencia de la palabra en el idioma irrelevante (el idioma que debían “abandonar”) exclusivamente para el idioma dominante y no para el idioma no dominante. En esta ocasión, se generó un efecto N1 con una distribución ligeramente más posterior que la generada previamente para oraciones que no cambiaron de idioma. Interpretamos este resultado como evidencia de una mayor influencia de las características del idioma dominante al cambiar al idioma no dominante de la influencia ejercida por las características del idioma no dominante al cambiar al idioma dominante.

En conclusión, hemos mostrado que la presencia o ausencia de una “filtración” del idioma no relevante depende de la competencia relativa con cada idioma y de las características del estímulo (p.ej. de su frecuencia relativa de uso en cada idioma). En términos generales, podríamos decir que cuando ocurren interferencias del idioma alternativo (el idioma que en realidad nunca hubo de ser procesado porque o bien no hubo de hecho un cambio de idioma o bien si lo hubo), estas interferencias son asimétricas.

Durante el procesamiento de ausencia de cambios de idioma en el idioma no dominante, la frecuencia que la palabra tuviera en el idioma dominante (incluso aunque nunca se presentara porque no ocurrió un cambio de idioma) tuvo un impacto sobre el procesamiento de la palabra en el idioma no dominante, mientras que generalmente no ocurrió lo inverso. La única excepción ocurrió cuando se produjo un efecto N1 temprano cuando la frecuencia de la palabra en el idioma en curso (dominante) era alta mientras que la frecuencia en el idioma alternativo (no dominante) era baja.

En términos similares, para los cambios de idioma, la frecuencia que la palabra tuviera en el idioma en curso (que nunca fue presentada porque ocurrió de hecho un cambio de idioma) impactó el procesamiento cerebral de la palabra cambiada de idioma pero exclusivamente para palabras que cambiaron del idioma dominante al no dominante, pero no viceversa.

Este estudio sugiere que los bilingües podrían estar más sesgados a dejar que su idioma dominante se “filtre” durante el procesamiento del idioma no dominante que a la inversa. En consecuencia, los bilingües pueden no ejercer un control completo sobre qué idioma requiere ser procesado en todo momento en una situación en la que ocurren cambios de idioma. Las características de frecuencia de la palabra en cada idioma y la competencia en un idioma sobre el otro determinan en qué medida el procesamiento de un idioma puede estar contaminado o influenciado por el idioma alternativo.



## 6. DISCUSIÓN GENERAL

Los experimentos llevados a cabo en esta Tesis aportan nuevos datos para comprender la naturaleza de los costes asociados al procesamiento de cambios de idioma en bilingües, así como de algunos factores, tales como la competencia relativa del bilingüe con los idiomas y la frecuencia relativa de uso de los elementos léxicos, que pueden alterar el modo en que ocurre dicho procesamiento.

Los trabajos presentados en la Introducción, incidían en los costes asociados al procesamiento de cambios de idioma a nivel léxico, proponiendo que los cambios de idioma dificultan el acceso al léxico. De acuerdo con la teoría del interruptor, se requiere que los procesos de comprensión en el idioma en curso se desactiven para poder acceder al léxico en el idioma alternativo. Sin embargo, el primer experimento de la presente Tesis, muestra que la respuesta cerebral al procesamiento de cambios de idioma difiere de la encontrada para cambios léxicos que ocurren en el idioma de base (inglés) cualitativamente. Por lo tanto, en este primer estudio no se observa un patrón de dificultad de acceso léxico o de integración semántica para los cambios de idioma (N400) sino un componente positivo tardío (LPC) que podría estar más bien asociado a un procesamiento a nivel físico (como en el experimento clásico en el que se alteraba el tamaño de letra de Kutas & Hillyard, 1980) y más bien relacionado con fases de procesamiento de toma de decisiones y de actualización del contexto. Estos resultados permitirían postular que existe una tendencia a que sean asimilados semánticamente los términos equivalentes de dos idiomas en mayor medida en que se asocian o equiparan los términos sinónimos del mismo idioma. Sin embargo, si la LPC encontrada es sensible a los parámetros a los que es sensible la P300, este efecto podría explicarse como una consecuencia del diseño experimental, en el cual la probabilidad de un cambio de idioma constituía un tercio de los estímulos, y era, por lo tanto, un fenómeno infrecuente en la sesión experimental global. El segundo experimento equipara la probabilidad de encontrar un cambio de idioma (al 50%), y sin embargo, se vuelve a encontrar un amplio potencial positivo en respuesta a los cambios de idioma (LPC). En la literatura conductual, existe controversia sobre la posibilidad de anular o reducir los “costes” asociados a un cambio de idioma cuando dicho cambio es predecible, como por ejemplo, cuando se bloquean los estímulos de un experimento o se advierte a los participantes sobre el tipo de estímulo que van a recibir. En este sentido, recientemente se ha publicado un trabajo de ERPs que examina el procesamiento de cambios de idioma en intérpretes profesionales (Proverbio y cols., 2004), en el cual los estímulos fueron presentados en bloques de oraciones mixtas y monolingües independientes. Este estudio difiere del nuestro además en que se presentan violaciones semánticas en la mitad de las oraciones. Los

autores no obtienen efectos LPC o P600 para la condición mixta con respecto a la condición monolingüe. Esto parece sugerir que ciertamente la predictibilidad de un cambio de idioma, repercute sobre los efectos encontrados. Sería necesario confirmar este punto con experimentos específicamente diseñados para comparar directamente el procesamiento de cambios de idioma previsibles e inesperados. Sin embargo, encontramos artificial en cierto sentido que un participante sea “advertido” de que ocurrirá un cambio de idioma, dado que en la vida real el fenómeno ocurre imprevisiblemente, aunque se puede también especular que puedan existir ciertas claves externas o contextos que permitan prever en ciertos casos que ocurrirá un cambio de idioma.

En el segundo experimento se incide además en el debate sobre la interferencia del idioma no relevante sobre el idioma relevante para la tarea y en las posibles diferencias asociadas a cambiar de idioma en una dirección u otra. A diferencia del primer experimento, en el cual el “cambio” siempre se producía en una dirección (de inglés a español), el segundo experimento incluye cambios en las dos direcciones, y además establece cuál es el idioma dominante de los participantes (basándose en pruebas de vocabulario) y examina los efectos del procesamiento de cambios de idioma en función de esta variable. Se encuentran diferencias cualitativas en la respuesta cerebral a cambios de idioma hacia el idioma dominante y no dominante. Específicamente, existe una negatividad entre 200-400 msecs con una distribución posterior cuando el cambio de idioma se produce hacia el idioma dominante, negatividad que está ausente cuando el cambio se produce hacia el idioma no dominante. Esta diferencia se asemeja a un efecto N400 en su distribución y podría estar indicando, en esta ocasión, un procesamiento más dificultoso a nivel “semántico” cuando se introduce un cambio de idioma con una palabra perteneciente al idioma dominante. La ausencia de este efecto en el primer experimento quizá se deba a que, para los participantes en el primer experimento, el idioma hacia el que se produce el cambio (español) es el idioma no dominante (las puntuaciones promedio de vocabulario, así como la auto-evaluación de la competencia relativa, son menores para español que para inglés).

Por otra parte, se encontró un efecto asociado a los cambios de idioma en el primer experimento exclusivo de las oraciones regulares, que se sugirió podría representar un efecto LAN. Especulamos que su aparición fue debida a que la integración sintáctica de la palabra en español dentro de un contexto en inglés podría generar una carga de memoria de trabajo, dado que las claves morfológicas que corroboran la co-referencia y la concordancia son probablemente más difíciles de procesar e integrar entre idiomas diferentes. Sin embargo, este efecto está ausente en el segundo experimento. Al margen de las diferencias globales de diseño entre ambos experimentos (cambios en las dos

direcciones en el segundo experimento, distinta probabilidad de ocurrencia de un cambio de idioma en cada experimento, etc), es posible que el procedimiento de elaboración de los materiales haya ejercido una influencia en la aparición de este efecto. Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, las oraciones regulares que se incluyeron en el primer experimento consistieron en oraciones de alta probabilidad de cierre previamente usadas en experimentos con participantes monolingües en inglés. A partir de estas oraciones, se tradujo la última palabra a español para formar la condición experimental de “cambio de idioma”. Este hecho podría haber introducido cierta “artificialidad” en los cambios de idioma, que probablemente esté ausente en las oraciones del segundo experimento, que fueron específicamente diseñadas para un experimento bilingüe. Esto podría ser contrastado en un experimento que comparase directamente oraciones en las que el cambio de idioma resulte más o menos artificial. Algunos lingüistas que estudian la sintaxis de los cambios de idioma, proponen que estos están gobernados por ciertas “reglas” no escritas que los bilingües “respetan” al producirlos. Por ejemplo, Poplack (1980), propuso la regla de la restricción de equivalencia, según la cual únicamente es posible hacer un cambio de idioma en los puntos de la oración en los cuales la estructura superficial de los idiomas implicados concuerdan, es decir, se evitaría realizar un cambio de idioma en un punto de la oración en el cual ambos idiomas difieren en la secuencia canónica del orden de los elementos (lo que ocurriría por ejemplo entre español e inglés con respecto al orden canónico del par adjetivo-sustantivo). Si bien es cierto que existen numerosos contra-ejemplos sobre estas reglas y que los lingüistas aún debaten su universalidad frente a la flexibilidad en los cambios de idioma (veáse Backus, 1996), se podría aducir que se violaron en cierto modo estas “reglas” del cambio de idioma en el primer experimento.

Por último, el segundo experimento aporta datos en relación al debate sobre la interferencia entre idiomas en los bilingües, examinando las respuestas cerebrales al procesamiento de cambios de idioma, y a la ausencia de cambios de idioma, en función de la frecuencia relativa de uso del vocablo equivalente en el idioma alternativo (que en realidad no requiere ser procesado). Los resultados revelan un patrón de asimetría en las interferencias. Estas parecen más ostensibles en el caso del idioma dominante, es decir, de las características de frecuencia de uso del vocablo en el idioma dominante, ejerciendo un efecto sobre el procesamiento de vocablos en el idioma no dominante, que en sentido inverso. Los participantes de este estudio se enfrentan a una tarea que supuestamente requiere que ambos idiomas estén simultáneamente activados en previsión de un posible cambio de idioma. Lo llamativo es que el control que el bilingüe ejerce sobre qué idioma requiere de hecho ser procesado en un momento preciso es limitado, puesto que existe una influencia de las características de frecuencia de uso del idioma no relevante

(particularmente cuando éste es el dominante). En este sentido, no parece plausible un modelo de procesamiento en bilingües que establezca la desconexión completa de un idioma para el procesamiento de información en el idioma alternativo, en una situación que requiere procesar posibles cambios de idioma impredeciblemente, cuando la competencia y la frecuencia de uso relativos a un idioma y otro difieren. La experimentación sobre procesamiento en bilingües podría dirigirse en el futuro a precisar el control que los bilingües ejercen sobre los idiomas que manejan y específicamente en qué tipo de tareas o bajo qué circunstancias lingüísticas es posible una “separación” entre idiomas y/o una “activación simultánea”. El contexto situacional, como propone Grosjean, podría determinar el balance entre estos dos extremos, pero se requiere de una definición operativa y exhaustiva de los factores situacionales y del tipo de tareas lingüísticas en los que es posible o no que los idiomas que maneja un bilingüe sean procesados con cierta o total independencia o con influencias (involuntarias) del idioma alternativo.

## 7. CONCLUSIONES

1.- Los “costes” asociados al procesamiento de un evento lingüístico inesperado dentro de una oración o contexto, varían dependiendo de si dicho evento ocurre en el idioma en curso o es una palabra que constituye un cambio de idioma. Los cambios léxicos resultan en un procesamiento léxico/semántico más difícil (a juzgar por el incremento en la amplitud del componente N400). Por el contrario, los cambios de idioma, muestran costes en otros estadios de procesamiento más relacionados con la necesidad de actualización del contexto (reflejados en un Componente Positivo Tardío o LPC).

2.- El tipo de contexto en el cual se insertan los cambios léxicos y de idioma, y más concretamente, las restricciones léxicas que dicho contexto impone, modulan la respuesta. Se observa una positividad frontal de desarrollo tardío (650-850 ms) de mayor amplitud cuando dichos cambios se producen en contextos de tipo más restrictivo (refranes), en comparación con contextos regulares.

3.- La competencia de vocabulario del bilingüe es predictiva de la latencia y/o de la amplitud de la respuesta cerebral al procesamiento de cambios de tipo léxico y de idioma.

4.- La dirección en la que se produce el cambio de idioma altera cualitativamente el tipo de respuesta cerebral, revelando que los cambios hacia el idioma dominante sí podrían procesarse inicialmente con cierta dificultad de integración semántica.

5.- Independientemente de que se produzcan o no cambios de idioma en la comprensión de oraciones, existe un efecto puro de frecuencia (un potencial de mayor negatividad para palabras de baja que de alta frecuencia) en el idioma no dominante y no en el dominante, indicando una mayor sensibilidad a la frecuencia de uso de vocablos en el idioma relativamente más débil.

6.- Los bilingües no balanceados no parecen ejercer un control completo sobre qué idioma requiere ser procesado en una situación en la que ocurren (o podrían haber ocurrido) cambios de idioma. Existe cierto sesgo a dejar que las características de la palabra en el idioma dominante afecten al procesamiento de palabras en el idioma no dominante, en mayor medida que en sentido inverso. Esto ocurre tanto en la respuesta a cambios, como en la respuesta a la ausencia de cambios de idioma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alameda, J.R., & Cuetos, F. (1995). *Diccionario de Frecuencias de las Unidades Lingüísticas del Castellano*. Servicio de Publicaciones Universidad de Oviedo, Oviedo, España.
- Altarriba, J., Kroll, J.F., Sholl, A., & Rayner, K. (1996). The influence of lexical and conceptual constraints on reading mixed-language sentences: evidence from eye fixations and naming times. *Memory & Cognition*, **24**(4), 477-492.
- Amrhein, P.C. (1999). On the functional equivalence of monolinguals and bilinguals in “monolingual” mode: the bilingual anticipation effect in picture-word processing. *Psychological Science*, **10**(3), 230-236.
- Backus, A. (1996). Two in one. Bilingual speech of Turkish immigrants in The Netherlands. In R. Appel, G. Extra, K. Jaspaert, & L. Verhoeven (Eds.). *Studies in Multilingualism I*. The Netherlands: Tilburg University Press.
- Benton, A.L., & Hamsher, K. (1978). *Multilingual aphasia examination manual*. Iowa City: AJA Associates.
- Brookhuis, K.A., Mulder, G., Mulder, L.J., Gloerich, A.B., van Dellen, H.J., van der Meere, J.J., & Ellermann, H. (1981). Late positive components and stimulus evaluation time. *Biological Psychology*, **13**, 107-123.
- Chan, M-C, Chau, H.L., & Hoosain, R. (1983). Input/output switch in bilingual code switching. *Journal of Psycholinguistic Research*, **12**(4), 407-416.
- Coles, M.G.H., & Rugg, M.D. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. In M.D. Rugg, & M.G.H. Coles (Eds.). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (pp.1-23). New York: Oxford University Press.
- Coulson, S., King, J.W., & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, **13**(1), 21-58.
- Dale, A.M. (1994). Source localization and spatial discriminant analysis of event-related potentials: linear approaches. La Jolla, CA: University of California San Diego.
- Dijkstra, T. (1998). From tag to task: coming to grips with bilingual control issues. *Bilingualism: Language and Cognition* **1**, 88-89.

- Dijkstra, T., Timmermans, M., & Schriefers, H. (2000). On being blinded by your other language: effects of task demands on interlingual homograph recognition. *Journal of Memory and Language*, **42**, 445-464.
- Dijkstra, T. & Van Heuven, W.J.B. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system: from identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, **5**(3), 175-197.
- Dijkstra, T. & Van Hell, J.G. (2003). Testing the language mode hypothesis using trilinguals. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, **6**(1), 2-16.
- Donchin, E. (1981). Surprise!...Surprise?. *Psychophysiology*, **18**, 493-513.
- Donchin, E., & Coles, M.G. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, **11**(3), 357-427.
- Fabbro, F., Skrap, M., & Aglioti, S. (2000). Pathological switching between languages after frontal lesions in a bilingual patient. *Journal of Neurology and Neurosurgical Psychiatry*, **68**, 650-652.
- Federmeier, K.D., & Kutas, M. (1999). A rose by any other name: long-term memory structure and sentence processing. *Journal of Memory and Language*, **41**, 469-495.
- Francis, W.N., & Kucera, H. (1982). *Frequency analysis of English usage*. Boston: Houghton Mifflin.
- Friederici, A.D., Pfeifer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological, and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, **1**(3), 183-192.
- Friederici, A.D., Hahne, A., & Mecklinger, A. (1996). The temporal structure of syntactic parsing: Early and late ERP effects elicited by syntactic anomalies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, **5**, 1219-1248.
- Frisch, S., Kotz, S.A., von Cramon, D.Y., & Friederici, A.D. (2003). Why the P600 is not just a P300: the role of the basal ganglia. *Clinical Neurophysiology*, **114**(2), 336-340.
- Gershberg, F.B. & Shimamura, A.P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, **33**, 1305-1333.

- Grainger, J., & Beauvillain, C. (1988). Associative priming in bilinguals: Some limits of interlingual facilitation effects. *Canadian Journal of Psychology*, **42**(3), 261-273.
- Grainger, J., & O'Regan, J. K. (1992). A psychophysical investigation of language priming effects in two English-French bilinguals. *European Journal of Cognitive Psychology*, **4**(4), 323-339.
- Grosjean, F. (1982). *An introduction to bilingualism*. Harvard University Press. England.
- Grosjean, F. (1995). A psycholinguistic approach to code-switching: the recognition of guest words by bilinguals. In L. Milroy and P. Muysken (Eds.), *One speaker, two languages. Cross-disciplinary perspectives on code-switching*. Cambridge University Press.
- Grosjean, F. (1998). Studying bilinguals: Methodological and conceptual issues. *Bilingualism: Language and Cognition*, **1**(2), 131-149.
- Grosjean, F., Li, P., Münte, T.F., & Rodriguez-Fornells, A. (2003). Imaging bilinguals: when the neurosciences meet the language sciences. *Bilingualism: Language and Cognition* **6**, 159-165.
- Gunter, T.C., Stowe, L.A., & Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, **34**(6), 660-76.
- Gunter, T.C., Friederici, A.D., & Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **12**(4), 556-568.
- Hagoort, P., Brown, C., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, **8**, 439-483.
- Hagoort, P., & Brown, C.M. (1994). Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. In C. Clifton, L. Frazier, & K. Rayner (Eds.), *Perspectives on sentence processing* (pp. 45-80). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Heredia, R., & Altarriba, J. (2001). Bilingual language mixing: why do bilinguals code-switch? *Current Directions in Psychological Science. A Journal of the American Psychological Society*. **10**, 164-168.



- Hernandez, A., Martinez, A., & Kohnert, K. (2000). In search of the language switch: An fMRI study of picture naming in Spanish-English bilinguals. *Brain and Language*, **73**, 421-431.
- Jackson, G.M., Swainson, R., Cunnington, R., & Jackson, S.R. (2001). ERP correlates of executive control during repeated language switching. *Bilingualism: Language and Cognition*, **4**, 169-178.
- Jasper, H. (1958). Report to the committee on methods and clinical examination in electroencephalography. Appendix: The ten-twenty system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **10**, 371-375.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, **23**, 367-384.
- Juilland, A., & Chang-Rodriguez, E. (1964). *Frequency dictionary of Spanish words*. The Hague: Mouton.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, **15**(2), 159-201.
- Kaplan, E., Goodglass, H., & Weintraub, S. (1983). *Boston Naming Test*. Philadelphia: Lee & Febiger.
- King, J.W., & Kutas, M. (1995). Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **7**, 376-395.
- Kluender, R. & Kutas, M. (1993). Bridging the gap: evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **5**, 196-214.
- Kohnert, K.J., Hernandez, A.E., & Bates, E. (1998). Bilingual performance on the Boston Naming Test: preliminary norms in Spanish and English. *Brain and Language*, **65**, 422-440.
- Kolers, P.A. & E. Gonzalez. (1980). Memory for words, synonyms, and translations. *Journal of Experimental Psychology: Human learning and Memory*, **6**(1), 53-65.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, **197**, 792-795.

- Kutas, M., & Hillyard, S.A. (1980a). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, **207**, 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S.A. (1980b). Event-related potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, **11**, 99-116.
- Kutas, M., & Hillyard, S.A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition*, **11**, 539-550.
- Kutas, M., & Hillyard, S.A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, **307**(5947), 161-163.
- Kutas, M., Neville, H.J., & Holcomb, P.J. (1987). A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening, and signing. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **39**, 325-330.
- Kutas, M., & Van Petten, C.K. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. In M.A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of Psycholinguistics* (pp. 83-143). San Diego: Academic Press.
- Kutas, M. & Federmeier, K.D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**(12), 463-470.
- Kutas, M., & Schmitt, B.M. (2003). Language in microvolts. In: Banich, M.T. and Mack, M. (Ed). *Mind, brain, and language: Multidisciplinary perspectives*, Lawrence Erlbaum Associates: NJ, pp. 171-209.
- Lemhöfer, K., & Dijkstra, T. (2004). Recognizing cognates and interlingual homographs: effects of code similarity in language-specific and generalized lexical decision. *Memory & Cognition*, **32**(4), 533-550.
- Li, P (1996). Spoken word recognition of code-switched words by Chinese-English bilinguals. *Journal of Memory and Language*, **35**, 757-774.
- Macnamara, J., & Kushnir, S.L. (1971). Linguistic independence of bilinguals: the input switch. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **10**, 480-487.

- Mangun, G.R., & Hillyard, S.A. (1995). Mechanisms and models of selective attention. In M.D. Rugg, & M.G.H. Coles (Eds.). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (pp.40-85). New York: Oxford University Press.
- Martinez, E., Sosa, K., Bates, E., & Hernandez, A. (1998). Code-switching: when will priming “cross over”? Technical Report 9804. Center for Research in Language. University of California, San Diego.
- McCallum, W.C., Farmer, S.F., & Pockock, P.V. (1984). The effects of physical and semantic incongruities of auditory event-related potentials. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*, **59**(6), 477-488.
- McCarthy, G. & Donchin, E. (1983). A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, **211**, 77-80.
- McCarthy, G., & Wood, C.C. (1985). Scalp distributions of event-related potentials: an ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **62**, 203-208.
- Meuter, R.F.I., & Allport, A. (1999). Bilingual language switching in naming: asymmetrical costs of language selection. *Journal of Memory and Language*, **40**, 25-40.
- Moreno, E.M., Federmeier, K.D., & Kutas, M. (2002). Switching languages, switching *palabras* (words): an electrophysiological study of code switching. *Brain & Language*, **80**, 188-207.
- Moreno, E.M., & Kutas, M. (2005). Processing semantic anomalies in two languages: an electrophysiological exploration in both languages of Spanish-English bilinguals. *Cognitive Brain Research*, **22**, 205-220.
- Münté, T.F., Heinze, H.J., & Mangun, G.R. (1993). Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **3**, 335-344.
- Münté, T.F., Heinze, H-J., Matzke, M., Wieringa, B.M., & Johannes, S. (1998). Brain potentials and syntactic violations revisited: no evidence for specificity of the syntactic positive shift. *Neuropsychologia*, **36**(3), 217-226.

- Neville, H.J., Nicol, J.L., Barss, A., Forster, K.I., & Garrett, M.F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **3**, 151-165.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, **9**, 97-113.
- Osterhout, L., & Holcomb, P.J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, **31**(6), 785-806.
- Osterhout, L., y Mobley, L.A. (1995). Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, **34**, 739-773.
- Osterhout, L., McKinnon, R., Bersick, M., & Corey, V. (1996). On the language specificity of the brain response to syntactic anomalies: is the syntactic positive shift a member of the P300 family? *Journal of Cognitive Neurosciences*, **8**, 507-526.
- Osterhout, L., Bersick, M., & McLaughlin, J. (1997). Brain potentials reflect violations of gender stereotypes. *Memory and Cognition*, **25**(3), 273-285.
- Osterhout, L., & Hagoort, P. (1999). A superficial resemblance does not necessarily mean you are part of the family: counterarguments to Coulson, King and Kutas (1998) in the P600/SPS-P300 debate. *Language and Cognitive Processes*, **14**, 1-14.
- Paller, K.A., & Kutas, M. (1992). Brain potentials during memory retrieval provide neurophysiological support for the distinction between conscious recollection and priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **4**(4), 375-391.
- Pavlenko, A. (1999). New approaches to concepts in bilingual memory. *Bilingualism: Language and Cognition*, **2**(3), 209-226.
- Picton, T.W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, **9**, 456-479.
- Picton, T.W., Bentin, S., Berg, S., Donchin, E., Hillyard, S.A., Johnson Jr, R., Miller, G.A., Ritter, W., Ruchkin, D.S., Rugg, M.D., y Taylor, M.J. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, **37**, 127-152.

- Poplack, S. (1980). Sometimes I'll start a sentence in English y terminó en español. *Linguistics*, 18: 581-616.
- Price, C.J., Green, D.W., & von Studnitz, R. (1999). A functional imaging study of translation and language switching. *Brain*, 122, 2221-2235.
- Proverbio, A.M., Leoni, G., & Zani, A. (2004). Language switching mechanisms in simultaneous interpreters: an ERP study. *Neuropsychologia*, 42, 1636-1656.
- Ranganath, C., & Paller, K.A. (1999). Frontal brain activity during episodic and semantic retrieval: insights from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 598-609.
- Rey, G.J., & Benton, A.L. (1991). *Multilingual Aphasia Examination-Spanish. Manual of Instructions*. Iowa City: AJA Associates.
- Rodríguez-Fornells, A., Rotte, M., Heinze, H.-J., Nössel, T., & Münte, T.F. (2002). Brain potential and functional MRI evidence for how to handle two languages with one brain. *Nature*, 415, 1026-1029.
- Rodríguez-Fornells, A., van der Lugt, A., Rotte, M., Britti, B., Heinze, H.-J., & Münte, T.F. (2005). Second language interferes with word production in fluent bilinguals: brain potential and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3), 1-12.
- Rugg, M.D. (1990). Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory & Cognition*, 18(4), 367-379.
- Rugg, M. D., Allan, K., & Birch, C.S. (2000). Electrophysiological evidence for the modulation of retrieval orientation by depth of study processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 664-678.
- Senkfor, A.J., & Van Petten, C. (1998). Who said what? An event-related potential investigation of source and item memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 24(4), 1005-1025.
- Sohn, M.-H., Ursu, S., Anderson, J.R., Stenger, V.A., & Carter, C.S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(24), 13448-13453.

- Sommer, W., Leuthold, H., & Matt, J. (1998). The expectancies that govern the P300 amplitude are mostly automatic and unconscious. *Behavioral and Brain Sciences. Continuing commentary*, **21**, 149-168.
- Spivey, M.J., & Marian V. (1999). Cross talk between native and second languages: partial activation of an irrelevant lexicon. *Psychological Science* **10**, 281-284.
- Sridhar, S.N., & Sridhar, K.K. (1980). The syntax and psycholinguistics of bilingual code mixing. *Canadian Journal of Psychology*, **34**(4), 407-416.
- Taylor, W.L. (1953). "Cloze procedure": a new tool for measuring readability. *Journalism Quarterly*, **30**, 415-433.
- Thomas, M.S.C. & Allport, A. (2000). Language switching costs in bilingual visual word recognition. *Journal of Memory & Language*, **43**(1), 44-66.
- Van Petten, C., & Kutas, M. (1988). The use of event-related potentials in the study of brain asymmetries. *International Journal of Neuroscience*, **39**(1-2), 91-99.
- Van Petten, C., Senkfor, A.J., & Newberg, W.M. (2000). Memory for drawings in locations: spatial source memory and event-related potentials. *Psychophysiology*, **37**, 551-564.
- Weber-Fox, C.M. & Neville, H.J. (1996). Maturational constraints on functional specializations for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **8**(3), 231-256.
- Wei, L. (2000). Dimensions of bilingualism. In L. Wei (Ed.), *The bilingualism reader*. New York: Routledge.

## **Glosario de Abreviaturas**

BNT Prueba de Vocabulario de Boston

EEG Electroencefalograma

ERPs Potenciales Evento-Relacionados

Hz Hertzios

KΩ Kilo-ohmios

L1 Idioma materno o nativo

L2 Segundo idioma

LAN Negatividad izquierda anterior

LPC Componente positivo tardío

μV Microvoltios

msecs Milisegundos

SPS Desviación sintáctica positiva

VFT Prueba de fluidez verbal