

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

**Potenciales cerebrales asociados al procesamiento  
de la concordancia gramatical**

**Autor: Baber Friend, Horacio A.**

**Director: Manuel Carreiras Valiña**

**Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional**



*A todos los becarios que trabajan sin ser reconocidos como trabajadores  
y especialmente a los que tuvieron que abandonar sus sueños por falta de medios.*



## **AGRADECIMIENTOS:**

*Quiero dar las gracias a todas las personas que directa o indirectamente han contribuido a que esta tesis haya sido posible.*

*En primer lugar a todos los que han contribuido al proceso de mi formación, especialmente a mis padres, quienes no sólo lo comenzaron sino que durante muchos años lo hicieron posible.*

*A aquellos profesores que durante la carrera o cursos de doctorado promovieron en mí el gusto por la investigación, con un recuerdo especial para el profesor Cristo Santana que me enseñó algo sobre el equilibrio interdisciplinar de la psicobiología.*

*Al profesor José Barroso, por haberme animado a iniciar los estudios de doctorado y haber sido mi tutor en el programa de doctorado de neuropsicología.*

*Al profesor Manuel de Vega, por haber sido el director de mi memoria de licenciatura y por haber posibilitado mi introducción en la psicofisiología, al tiempo que fomentó mi interés por la psicología cognitiva.*

*A aquellas personas que desinteresadamente me abrieron las puertas de sus laboratorios e hicieron que mis estancias en los mismos fueran realmente fructíferas y agradables: a Michel Denis del LIMSI-CNRS, a Fernando Valle-Inclán de la Universidad de La Coruña, a Fernando Cadaveiras de la Universidad de Santiago de Compostela, y muy especialmente a Lee Osterhout de la Universidad de Washington, quién además ha influido directamente en esta investigación con sus comentarios y consejos.*

*A quienes con sugerencias puntuales también han contribuido al desarrollo de esta investigación: Juan Seguí, Mark Allen, Cyma Van Petten y Peter Hagoort.*

*A todas aquellas personas que han participado como sujetos en los experimentos: Montse, Quique, Carol, Víctor, Eva, Antonio, Teté, Ainoa, Elena, Mercedes, Juan Ignacio, Julio, Francisco, Xavier, David, Juan Antonio, María, etc.*

*A mis compañeros y amigos de la facultad de psicología que han hecho más llevaderos los momentos difíciles: Carlos, Alberto, Enrique, Luis, Carlos, José Miguel, Inma, Stephy y a Gustavo, al cual agradezco también sus consejos sobre los análisis estadísticos.*

*A mis compañeros de despacho y a los de “la oficina”, especialmente a Moisés por tenerme en la mesa de “al lado” desde los primeros momentos y a Marta por haber sido mi aliada en algunas batallas contra aparatos y programas.*

*A Eva por sus comentarios sobre los diferentes borradores y su ayuda con la redacción de este texto, y por más cosas de las que puedo escribir aquí.*

*Finalmente, quiero dar las gracias a Manuel Carreiras, no sólo por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis, sino por haberla dirigido con extrema eficacia, poniendo a mi disposición todos los medios necesarios y solucionando todos los problemas que han ido surgiendo en el camino. Además, por haber intentado, y a veces conseguido, inculcar en mí un optimismo ajeno a mi naturaleza.*

*A todos ellos y a quienes haya podido olvidar en esta precipitada enumeración, les reitero mi sincero agradecimiento.*



# ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.- EEG y potenciales cerebrales relacionados con eventos .....	1
1.2.- PREs: principales componentes asociados al lenguaje .....	7
1.2.1.- Investigación en torno a la N400 .....	9
1.2.2.- Los componentes sintácticos: P600 y LAN.....	21
1.3.- La morfología de las palabras y las relaciones de concordancia.....	32
1.3.1.- La morfología de género y de número en español .....	34
1.3.2.- La morfología y la representación del léxico .....	37
1.3.3.- La concordancia de género y de número en el español .....	41
1.3.4.- Procesos de concordancia de género y de número .....	46
2.- OBJETIVOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	59
3.- METODOLOGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	63
3.1.- Participantes.....	63
3.2.- Aparatos e instrumentos de registro .....	64
3.3.- Protocolo de registro .....	65
3.4.- Procedimiento .....	66
3.5.- Análisis.....	67
3.6.- Presentación de los resultados .....	71
4.- EXPERIMENTO 1: concordancia gramatical en el contexto de frases.....	77
4.1.- Hipótesis.....	79
4.2.- Método .....	80
4.2.1.- Participantes .....	80
4.2.2.- Estímulos .....	81
4.2.3.- Procedimiento .....	84
4.2.4.- Análisis .....	85
4.3.- Resultados .....	87
4.4.- Discusión.....	111

5.- EXPERIMENTO 2: concordancia gramatical en pares de palabras ....	119
5.1.- Hipótesis.....	121
5.2.- Método.....	122
5.2.1.- Participantes .....	122
5.2.2.- Estímulos .....	123
5.2.3.- Procedimiento .....	127
5.2.4.- Análisis .....	129
5.3.- Resultados .....	131
5.3.1.- Medidas conductuales .....	131
5.3.2.- Condiciones de concordancia gramatical .....	133
5.3.3.- Efecto de la no concordancia gramatical .....	134
5.3.4.- Efecto del vocabulario .....	139
5.4.- Discusión.....	161
6.- DISCUSIÓN GENERAL.....	177
7.- CONCLUSIONES .....	189
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191
9.- ANEXOS .....	205

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El trabajo que a continuación se describe analiza el papel de la concordancia gramatical de género y de número durante la comprensión del lenguaje. Para realizar el estudio empírico se utilizó la técnica denominada Potenciales Relacionados con Eventos (PREs), una técnica que en las dos últimas décadas se ha generalizado dentro del campo de la psicolingüística.

Este procedimiento se basa en el registro de señales biológicas que son, en última instancia, índices de cambios estructurales que tienen lugar en un nivel microscópico de funcionamiento cerebral. Por lo tanto, parece oportuno comenzar recordando algunos aspectos sobre la neurofisiología que subyacen a las señales eléctricas registradas. Asimismo, será de utilidad tener en cuenta las principales investigaciones realizadas con esta técnica en relación con el procesamiento del lenguaje. Se hará un breve repaso a estas investigaciones prestando especial atención a aquellos componentes que pueden estar funcionalmente relacionados con el tema que nos ocupa.

Posteriormente, en la segunda parte de esta introducción, se expondrán los diferentes datos e investigaciones que han llevado al planteamiento de los experimentos realizados. Se tratarán algunas cuestiones relacionadas con la morfología de las palabras y su papel en la concordancia gramatical, tanto desde una perspectiva formal como atendiendo a los procesos cognitivos en los que puede estar implicada.

### **1.1.- ELECTROENCEFALOGRAMA Y POTENCIALES CEREBRALES RELACIONADOS CON EVENTOS**

Las membranas neuronales mantienen contra gradiente diferentes concentraciones de iones a un lado y otro del medio celular, produciendo así en estado de reposo una diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula (entre - 70 y -80 mV). Las variaciones químicas o eléctricas en el medio extracelular modifican la estructura proteínica de los canales iónicos, alterando la permeabilidad de la membrana y por lo tanto el potencial de reposo. Los potenciales excitatorios postsinápticos (PEPS) se producen cuando estos cambios tienden a despolarizar la membrana, y los potenciales

inhibitorios postsinápticos (PIPS) cuando la hiperpolarizan. La adición temporal y espacial de diferentes PEPS y PIPS determina la aparición del potencial de acción, que se propaga por el axón para terminar modificando el espacio intersináptico de otra neurona.

Cuando se genera un PEPS se produce un flujo repentino de cationes hacia el interior de la célula. Esto produce un exceso de aniones en las cercanías del espacio intersináptico que atrae cationes de zonas más alejadas. La corriente iónica que entra en un punto de la membrana celular (sumidero) se propaga por el interior de la célula y tiende a salir de forma pasiva por puntos inactivos distantes (fuentes), produciéndose así un potencial de campo en el espacio extracelular. De esta forma, si colocamos un electrodo (con referencia en un punto distante) junto a la membrana donde se origina un PEPS, registraremos un potencial positivo si lo situamos en el interior y un potencial negativo si lo ponemos en el exterior. En otro punto de la membrana a cierta distancia del origen del PEPS, encontraremos un potencial positivo más tenue en el interior y otro potencial positivo en el exterior. Los PIPS producen estos mismos efectos con sentido contrario, al producirse la entrada de aniones como el Cl<sup>-</sup>. Dependiendo de la morfología de la célula y de cómo se agrupan diferentes células, los potenciales extracelulares pueden formar campos cerrados en los que se producen efectos de cancelación entre fuentes y sumideros, o campos abiertos; en este último caso se propagarán por el tejido cerebral. Un potencial de campo en cualquier punto del cerebro será igual a la suma de un gran número de fuentes y sumideros (Nunez, 1981). Por otro lado, es posible que las células gliales contribuyan en alguna medida a la génesis y amplificación de los potenciales de campo (Speckmann y Elger, 1995). Los potenciales de acción también pueden generar potenciales de campo, pero su corta duración hace que sea más difícil su sincronización en el tiempo y, en cualquier caso, los registros corticales de potenciales de campo se adaptan mejor por su morfología a la suma de potenciales postsinápticos, que son más lentos (Duffy, Iyer y Surwillo, 1988).

Los potenciales de campo, según su orientación, pueden sumarse cuando se sincronizan y llegar a atravesar las meninges, el cráneo (que es muy poco conductor) y la dermis. Si colocamos dos electrodos sobre el cuero cabelludo y amplificamos la señal

podemos registrar diferencias de potencial eléctrico que varían en el tiempo. Este registro es lo que conocemos como electroencefalograma (EEG)<sup>1</sup>.

Para que la actividad de un grupo de neuronas pueda ser registrada en el EEG deben cumplirse los siguientes requisitos: han de sincronizarse los potenciales dendríticos de grandes poblaciones de neuronas, organizadas estructuralmente de forma que generen campos abiertos, y de manera que sus potenciales de campo formen dipolos con ejes orientados perpendicularmente con respecto a la superficie del cráneo. De los diferentes tipos de neuronas que encontramos en el córtex (básicamente neuronas piramidales, estrelladas y fusiformes) las células piramidales son las que mejor cumplen estas restricciones, ya que su morfología produce campos abiertos y se organizan en columnas orientadas hacia la superficie del cráneo. Con sus amplias ramificaciones de dendritas apicales en la capa I y los cuerpos neuronales en las capas II y III, pueden producir diferencias de potencial entre las capas superiores e inferiores, constituyendo dipolos verticales<sup>2</sup>. Estos dipolos, a su vez, al estar orientados en paralelo, pueden sumarse formando una *capa dipolar* (Nunez, 1981).

La actividad registrada en el EEG es la suma total de diferentes capas dipolares sincronizadas o no entre sí. Por esta razón este tipo de registro en bruto nos da poca información sobre procesos cerebrales concretos. Aunque algunos autores sí han utilizado el análisis de bandas de frecuencias en registros EEG simultáneos a la ejecución de determinadas tareas cognitivas (Pulvermüller, Lutzenberger y Birbaumer, 1995), el EEG ha sido utilizado principalmente para detectar disfunciones o estudiar niveles generales de activación cerebral (Niedermeyer y Lopes Da Silva, 1995). Sin embargo, si presentamos a una persona un estímulo o tipo de estímulo repetidas veces y extraemos las porciones de EEG que corresponden con el momento en que se presentó cada estímulo, podemos promediar estas porciones punto a punto y obtener la actividad promediada asociada al procesamiento de ese estímulo o clase de estímulo. A esta onda promedio es a lo que se ha llamado *potencial provocado*. Si consideramos la actividad

---

<sup>1</sup> Revisiones sobre los dispositivos y protocolos de registro del EEG pueden encontrarse en Cooper, Osselton y Shaw, 1980; y en Niedermeyer y Lopes Da Silva, 1993).

<sup>2</sup> Una neurona piramidal puede tener más de  $10^4$  conexiones sinápticas y una columna neocortical de un área de  $1\text{ mm}^2$  puede incluir unas  $10^5$  células de este tipo, es decir más de  $10^9$  sinápsis.

relacionada con el procesamiento del estímulo como señal y el resto de la actividad registrada como ruido, debemos asumir siguiendo a Glaser y Ruchkin (1976) que:

- La señal y el ruido se suman linealmente para producir el registro.
- La señal es la misma para cada repetición.
- El ruido es suficientemente irregular, entre evento y evento, para que pueda ser considerado estadísticamente como muestras independientes de un proceso aleatorio.

Si estos supuestos se cumplen, el promediado reducirá el ruido ideal a un residuo que será directamente proporcional a la desviación cuadrática media del ruido original e inversamente proporcional a la raíz cuadrada del número de repeticiones.<sup>3</sup>

$$residuo = k \frac{\Delta(ruido\ original)}{\sqrt{N}}$$

Se han descrito diferentes tipos de potenciales provocados para cada modalidad sensorial, así como potenciales motores (Halliday, 1993; Regan, 1989). Además de estas señales relacionadas con aferencias y eferencias, bajo estrictos controles experimentales también se pueden promediar los registros simultáneos a un proceso cognitivo puntual y extraer la actividad asociada a ese proceso, denominándose a este tipo de ondas *potenciales relacionados con eventos* (PRE)<sup>4</sup> (una revisión de los principales PRE puede encontrarse en Rugg y Coles, 1995).

### **Redes neuronales y módulos de procesamiento**

Se puede concluir de lo dicho hasta ahora que no toda la actividad que se produce en el cerebro es susceptible de ser registrada como PRE. Sólo un tipo de actividad muy restringida es la que podemos detectar con este procedimiento: aquella que es fruto de la activación simultánea de grandes poblaciones de neuronas (fundamentalmente piramidales). Sin embargo, esta característica puede ser considerada como su principal virtud, ya que la activación de grandes redes de neuronas es un

---

<sup>3</sup> Acerca del tratamiento y análisis de la señal puede consultarse en Regan, 1989 o en Picton, 1988).

<sup>4</sup> Las siglas originales en inglés son ERP (Event Related Potentials).

mecanismo fisiológico crucial cuando se pretende relacionar la actividad biológica con los procesos psicológicos.

El concepto de “conjunción celular” (*cell assembly*) propuesto por Donald Hebb (1949) se ha convertido en las dos últimas décadas en una idea fundamental para la neurociencia cognitiva. Hebb propuso que el disparo simultáneo de diferentes neuronas conectadas entre sí facilita las conexiones posteriores entre ellas<sup>5</sup>, formándose así unidades estructurales-funcionales. La activación de un número suficiente de neuronas de una de estas unidades o conjunciones, producirá la activación de toda la conjunción. La memoria a corto plazo se representaría en circuitos reverberantes del tipo descrito por Lorente de No, y una vez activados estos circuitos, puede mantenerse su activación interna por medio de conexiones mutuas. Por lo tanto, la formación y refuerzo de una conjunción neuronal, así como su reactivación, requerirá el disparo simultáneo de la población de neuronas que constituyen la conjunción y la desconexión de otras ajenas a ella. Estos procesos implican modificaciones sincronizadas de los umbrales de excitabilidad de las neuronas que se detectan en el EEG (Birbaumer, Lutzenberger, Elbert y Trevorrow, 1994). Podemos aceptar que gran parte de los procesos cognitivos básicos tienen lugar fundamentalmente (aunque no exclusivamente) siguiendo estos principios generales de sincronización en las neuronas del neocórtex (Eichenbaum y Davis, 1998; Pulvermüller, 1996). Un ejemplo de sincronización de grandes poblaciones de neuronas son las llamadas *oscilaciones gamma* registradas en el córtex visual del gato. Se trata de potenciales de campo de diferentes columnas corticales que oscilan en fase como respuesta a estímulos apropiados (Gray, König, Engel y Singer, 1989). Este tipo de disparo sincronizado como respuesta a características globales de los estímulos se ha encontrado también entre neuronas de diferentes áreas visuales e incluso entre neuronas de ambos hemisferios (Engel, König, Kreiter y Singer, 1991). Ya que los diferentes atributos de una imagen (forma, movimiento, color, etc.) son procesados en paralelo en diferentes zonas del córtex, la sincronización de estos procesos es considerada fundamental para la integración de los diferentes rasgos en un todo unitario (Zeki, 1995), e incluso se ha propuesto este mecanismo como correlato neuronal de la

---

<sup>5</sup> Posteriormente se han propuesto mecanismos que explican el refuerzo de conexiones sinápticas, como la Potenciación a Largo Plazo producida por la modificación de receptores NMDA en el hipocampo (Squire, 1992).

conciencia visual (Crick y Koch, 1990). También modelos globales sobre la neuropsicología del lenguaje enfatizan la importancia de la sincronización de grandes redes neuronales (Damasio, 1989).

Como conclusión podemos decir que la técnica de PRE nos da información sobre las modificaciones de los umbrales de excitabilidad de grandes poblaciones de neuronas sincronizadas que pueden estar constituyendo unidades funcionales de procesamiento. Mediante modificaciones sistemáticas de diferentes tipos de tareas, podemos llegar a aislar una onda que correlacione con un proceso de cómputo concreto, atendiendo a su amplitud, latencia y distribución craneal. A este tipo de ondas se las ha denominado *componentes* (Donchin, 1979; Coles, Gratton y Fabiani, 1990). Diferentes componentes nos permitirán hacer inferencias sobre el curso temporal de diferentes procesos mentales, analizando sus latencias o su secuencia de aparición. También nos permitirán inferir, atendiendo a las diferentes distribuciones de los componentes sobre el cráneo, si diferentes procesos comparten o no estructuras cerebrales comunes<sup>6</sup>. Es decir, nos permiten constatar si algunas divisiones funcionales propuestas por los modelos cognitivos a partir de los datos de experimentos conductuales, guardan correspondencia con mecanismos cerebrales diferenciados.

Una vez detectado un componente, el siguiente paso sería localizar sus generadores intracraneales. En los últimos años se ha intentado mejorar la poca precisión de esta técnica para determinar la ubicación de los generadores neuronales de la actividad registrada. Se ha incrementado el número de canales de registro para mejorar la tasa de muestreo espacial (Tucker, 1993) y se han desarrollado algoritmos matemáticos para intentar resolver el llamado “problema inverso”<sup>7</sup> (Sherg, 1990; Pascual-Marquí, 1999). Sin embargo, estos procedimientos siguen teniendo limitaciones, ya que se basan en aproximaciones, más o menos precisas, de las propiedades

---

<sup>6</sup> En general, podemos asumir que si dos efectos tienen distinta distribución espacial son el resultado de generadores neuronales diferentes y por lo tanto de procesos cognitivos disociables (aunque pueden encontrarse algunas matizaciones al respecto en Rugg, 1999). Por el contrario, si dos efectos presentan la misma distribución no podemos afirmar que comparten generador.

<sup>7</sup> Dada una corriente generada en el interior de una esfera y conocidas las características de conducción de la misma, es posible conocer su efecto en la superficie, este es el llamado *problema directo*. El *problema inverso* consiste en calcular el origen de la actividad eléctrica registrada en la superficie de la esfera. Ya en el siglo pasado Helmholtz demostró que el problema inverso no tiene una única solución, ni siquiera con un número infinito de medidas libres de ruido.

geométricas y eléctricas reales del cerebro, requieren conocimientos previos y pueden generar múltiples soluciones para unos mismos datos. Por lo tanto, cualquier intento de localización cerebral realizado con estas técnicas tiene que ser considerado como una hipótesis que ha de ser contrastada con otras técnicas y/o datos neurofisiológicos y neuropsicológicos.

## **1.2.- PRES: PRINCIPALES COMPONENTES ASOCIADOS AL LENGUAJE**

Durante la década de los años setenta fue muy productiva la investigación en torno al componente P300, uno de los primeros componentes endógenos descritos. La P300 es un componente que se produce ante la detección de eventos novedosos o que se desvían de la norma en una secuencia de estímulos (revisiones en: Verleger, 1988; y Donchin y Coles, 1988). Independientemente de su significado funcional se ha observado que su latencia varía con la complejidad del proceso de evaluación del estímulo (Kutas, McCarthy y Donchin, 1977).

Partiendo de estos datos, Kutas y Hillyard pretendieron utilizar este componente como marcador de la detección de las desviaciones semánticas, pero en lugar de encontrar la esperada positividad, encontraron una negatividad en la misma ventana temporal (citado en Kutas y Van Petten, 1988). En la primera descripción de este nuevo componente Kutas y Hillyard (1980) presentan tres experimentos en los que se les pide a los participantes que lean frases, cuya última palabra podía ser semánticamente anómala respecto al contexto precedente (*tomo el café con leche y perro*) o bien físicamente diferente (caracteres mayores). Las desviaciones físicas provocaron una positividad tardía (P560), mientras que las semánticas se caracterizaron por un inesperado componente negativo ampliamente distribuido, con su pico máximo en torno a los 400 ms, por lo que fue denominado N400. La N400 y el diseño experimental utilizado abrieron el camino para una nueva línea de investigación que con el tiempo se ha ido consolidando y ampliando, y que actualmente realiza importantes aportaciones a la electrofisiología y a los campos implicados en el estudio del lenguaje.

Otros componentes que se han propuesto como relacionados con procesos lingüísticos, concretamente con el procesamiento sintáctico, son la P600 y la Negatividad Anterior Izquierda (LAN<sup>8</sup>).

Osterhout y Holcomb (1992, 1993) encontraron una positividad ampliamente distribuida entre los 500 y los 800 ms en determinadas palabras de frases con estructura de *Garden Path*<sup>9</sup>, y sugirieron que este componente, al que denominaron P600, podría ser un indicador del procesamiento sintáctico. Paralelamente, otros autores encontraron esta misma positividad ante violaciones de la estructura sintáctica de la frase, denominándola *Syntactic Positive Shift* (SPS) (Hagoort, Brown y Groothusen, 1993). Posteriormente este componente se ha encontrado con otros tipos de violaciones sintácticas (revisadas en Hagoort y Brown, 1994; y Osterhout y Holcomb, 1995).

En el estudio del procesamiento sintáctico también ha cobrado importancia la LAN. Esta negatividad se encontró ya en uno de los primeros trabajos de Kutas y Hillyard (1983), pero ha sido más recientemente cuando se ha propuesto su relación con el procesamiento sintáctico, llevándose a cabo numerosas investigaciones en torno a este componente. Se trata de una onda negativa con latencia entre los 300 y 500 ms que aparece como respuesta a diferentes tipos de violaciones sintácticas (Osterhout y Mobley, 1995; Münte, Matzke y Johannes, 1997; Gunter, Stowe y Mulder, 1997). Se diferencia de la N400 en que tiene una distribución frontal y lateralizada hacia el lado izquierdo.

Aunque en los últimos años otros muchos efectos y componentes se han descrito en relación con diferentes aspectos del procesamiento lingüístico, los tres componentes mencionados (N400, P600 y LAN) han sido los que más investigación han generado y los que pueden estar directamente relacionados con el procesamiento de la concordancia gramatical. Por estas razones, a continuación serán descritos con

---

<sup>8</sup> Se mantienen las siglas inglesas de Left Anterior Negativity.

<sup>9</sup> Este tipo de frases contienen una ambigüedad sintáctica temporal, de manera que a un segmento inicial se le pueden asignar dos estructuras diferentes dependiendo de cómo se continúe. La lectura de estas frases fue comparada con la de frases no ambiguas.

mayor profundidad, considerando las diferentes propuestas que se han hecho sobre su significado funcional.

### **1.2.1.- Investigación en torno a la N400**

La N400 se ha registrado con diferentes lenguas orales y con el lenguaje de signos americano (ASL) en sordos adultos (Neville, 1985). Parece ser relativamente independiente de la modalidad sensorial, encontrándose (con ligeras diferencias en amplitud, latencia y distribución) tanto en lectura con presentación visual palabra a palabra (Kutas y Hillyard, 1980), como en la comprensión de frases presentadas auditivamente (Holcomb y Neville, 1991). Asimismo, se ha encontrado en experimentos que combinan ambas modalidades (Holcomb y Andersons, 1993), e incluso con frases en las que la última palabra es sustituida por un dibujo que la representa (Nigam, Hoffman y Simons, 1992). Los efectos intermodales indican que la N400 se relaciona con procesos que tienen lugar en redes ampliamente distribuidas que admiten entradas de todas las modalidades sensoriales y pueden integrarlas. Pero además hay que añadir que el efecto N400 puede obtenerse con casi cualquier tipo de estímulo susceptible de tener significado, como fotografías (Holcomb y McPherson, 1994), rostros (Bobes, Valdés-Sosa y Olivares, 1994) o sonidos ambientales (Van Petten y Rheinfelder, 1995), aunque su distribución varía según el tipo de material. Lo cual, apunta a que estos efectos pueden estar relacionados con procesos funcionalmente similares pero anatómicamente diferenciables.

La N400 tiene una topografía ampliamente distribuida sobre la superficie del cráneo, aunque las mayores amplitudes se registran en zonas posteriores o centroparietales y está ligeramente lateralizada hacia el hemisferio derecho, siendo esta asimetría más evidente en sujetos diestros sin antecedentes familiares de zurdera (Kutas, Van Petten y Besson, 1988). En estudios con presentación auditiva la asimetría se invierte, estando más lateralizada hacia el lado izquierdo (Holcomb y Neville, 1991). El aumento del número de electrodos y el uso de montajes “libres de referencia” no aportan nuevos datos sobre estas distribuciones (Curran, Tucker, Kutas y Posner, 1993). En cualquier caso, parece imprescindible el control de la lateralización del lenguaje (de manera directa o atendiendo a la preferencia manual) siempre que se

quiera tener en cuenta la distribución de este y otros componentes lingüísticos (King, Ganis, y Kutas, 1998).

Cuando las palabras congruentes o incongruentes son presentadas en los campos visuales derecho o izquierdo por separado, la N400 no se ve afectada en su distribución craneal. Utilizando este tipo de presentación en pacientes comisurotomizados, se encontró la N400 en las presentaciones sobre el hemisferio visual derecho. Pero cuando las palabras se presentaron en el hemisferio visual izquierdo, sólo apareció en aquellos pacientes en los que previamente se habían constatado habilidades lingüísticas del hemisferio derecho. Esto indica que la producción de la N400 precisa alguna estructura previa normalmente localizada en el hemisferio dominante para el lenguaje. Pero incluso en el caso de estos pacientes, la distribución del componente no se vio afectada por el hemisferio utilizado (Kutas, Hillyard y Gazzaniga, 1988).

Diversos trabajos han intentado determinar el origen neuronal de la N400 utilizando electrodos intracraneales implantados en el lóbulo temporal medial, donde se registran potenciales de campo similares a la N400 (Halgren, 1990). Las mayores amplitudes se registran de forma bilateral en la zona anterior-medial del lóbulo temporal, anterior al hipocampo y cercana a la amígdala. El registro de potenciales equivalentes de signo positivo en zonas cercanas al surco colateral (anterior y lateral a la amígdala) apuntan a que el potencial se genera en el neocórtex, cerca del surco colateral y del giro fusiforme anterior<sup>10</sup>. Estos resultados se han obtenido con el paradigma clásico de N400 (McCarthy, Nobre, Bentin y Spencer, 1995) y con *priming* semántico (Nobre y McCarthy, 1995). Aunque estos datos se refieren a un generador concreto, no excluyen la existencia de otros generadores que operen simultáneamente. Por el contrario, el análisis de la propagación de la señal correspondiente a potenciales inducidos en el lóbulo temporal medial o los registros realizados en pacientes que han sufrido lobotomías temporales unilaterales, sugieren la existencia de generadores extratemporales, distribuidos por otras zonas del córtex, lo cual también es coherente

---

<sup>10</sup> Estudios similares apuntan al hipocampo propiamente dicho como uno de los generadores de la P300.

con las diferentes distribuciones encontradas en las distintas modalidades sensoriales (Halgren, 1990).

Gran parte de los trabajos que han seguido al artículo de Kutas y Hillyard (1980) han intentado determinar qué condiciones son necesarias y suficientes para elicitarse la N400, y qué variables lo alteran o modifican para, de esta manera, proponer hipótesis sobre su significación funcional.

Ya desde los primeros momentos se constató que no es estrictamente necesario que haya una incongruencia semántica para que se produzca el llamado efecto N400, ya que también se encuentra con frases semánticamente correctas pero que contradicen las expectativas del lector. Kutas y Hillyard (1984) utilizaron un estudio normativo para construir frases cuya última palabra podía ser considerada como un final de alta probabilidad (*tomo el café con leche y azúcar*) o de baja probabilidad (*tomo el café con leche y nata*), es decir, palabras más o menos predecibles por el contenido de la frase. Tras presentar a un grupo de voluntarios estos dos tipos de frases junto con frases que incluían incongruencias semánticas (*tomo el café con leche y perro*), constataron que las palabras de baja probabilidad, es decir contrarias a las expectativas del lector, también producían la esperada negatividad, aunque con una amplitud menor que aquellas que suponían una incongruencia semántica.

Para evaluar si el efecto N400 se debe a las representaciones creadas por el lector o a las relaciones previamente establecidas entre las palabras, Fischler et al. (Fischler, Bloom, Childers, Roucos y Perry, 1983) utilizaron cuatro tipos de frases: verdaderas afirmativas, falsas afirmativas, verdaderas negativas y falsas negativas. Encontraron la N400 tanto en las falsas afirmativas como en las verdaderas negativas, pero no en las verdaderas afirmativas ni en las falsas negativas. Los autores concluyeron que este componente se ve alterado no tanto por el contenido proposicional de la frase como por la relación semántica existente entre las palabras que la componen. Aunque, estos resultados también podrían deberse a que la comprensión de una frase verdadera negativa sea más costosa que la de una falsa negativa, o al hecho de que en estas frases se hacía una mención explícita a las relaciones semánticas entre los diferentes elementos. En un trabajo más reciente Federmeier y Kutas (1999a) utilizaron frases en las que la última palabra era altamente

predecible. Encontraron que el efecto sobre la N400 es mayor cuando esta palabra (p.ej. palmera) se sustituía por otra que comparte pocas características con la palabra esperada (p.ej. tulipán) , que cuando se reemplaza por otra de la misma categoría semántica (p.ej. pino). Esto ocurría a pesar de que las dos palabras eran igualmente incongruentes e igualmente predecibles, de lo que se deduce que la forma en que se almacenan las diferentes representaciones semánticas afecta a su recuperación y consecuentemente modula el efecto N400. Además, Federmeier y Kutas (1999b) han presentado datos que indican que ambos hemisferios son sensibles a las asociaciones semánticas que facilitan la integración, mientras que sólo el hemisferio izquierdo parece generar estrategias predictivas.

La sensibilidad de la N400 a las incongruencias o a la violación de expectativas no se restringe exclusivamente a aquello que concierne al conocimiento general del mundo, sino que también abarca las representaciones fruto de la experiencia personal del lector e incluso de la información previamente aprendida en la situación experimental. Así, en otro experimento de Fischler (1990) los participantes aprendieron sentencias del tipo “Mateo es un abogado”, y más tarde leyeron frases, algunas de las cuales contradecían el material aprendido, como “Mateo es un farmacéutico”. En los registros realizados durante la lectura se encontró la misma negatividad ya descrita con violaciones del conocimiento general.

Una vez visto que la incongruencia semántica no es condición indispensable para la elicitación de la N400, se ha constatado asimismo que tampoco es condición suficiente, ya que si se presenta varias veces una palabra semánticamente incongruente y por lo tanto se hace más predecible, no aparece la negatividad que se encuentra al presentarse sólo una vez (Besson, Kutas y Van Petten, 1992).

Utilizando textos más amplios, la N400 también se ha mostrado sensible a la dificultad para crear representaciones globales de un texto, ya que el efecto N400 se encuentra en palabras que son congruentes con la frase en la que se presentan, pero no lo son con el sentido del texto las precede (Van Berkum, Hagoort y Brown, 1999). Además, las palabras de un texto ambiguo sin título producen una N400 mayor que cuando el mismo texto se antecede de un título aclaratorio. (George, Mannes y Hoffman, 1994). Por otro lado, en textos que requieren la generación de inferencias

para su total comprensión, cuando la información inferida se hace posteriormente explícita, se encuentra una atenuación de la N400 si previamente se ha realizado la inferencia (George, Mannes y Hoffman, 1997).

En un primer momento se concluyó que la N400 constituye un buen índice del grado en que una palabra ha sido activada previamente por su contexto, y se propuso que este componente refleja procesos relacionados con el acceso al léxico; en particular, su amplitud correlacionaría con la mayor dificultad para acceder al significado de una palabra (Kutas y Van Petten, 1988). Otros autores propusieron que la N400 refleja tanto el acceso al léxico como procesos de integración postléxicos (Halgren, 1990). Como se verá más adelante, los datos más recientes parecen indicar que este componente es sensible exclusivamente a los procesos de integración, pero no a los léxicos.

En cuanto a los factores léxicos, la N400 aparece ante la lectura de no-palabras (secuencia de letras sin significado conocido en una lengua determinada) fonológica u ortográficamente legales (pseudopalabras), pero no con no-palabras que violan las normas ortográficas o fonológicas del idioma del lector (Rugg y Nagy, 1987).

La N400 es mayor en respuesta a las palabras de baja frecuencia léxica que a las de alta frecuencia, cuando estas se sitúan al principio de una frase. Aunque, este efecto de la frecuencia interactúa con variables semánticas a medida que se avanza en la frase (Van Petten y Kutas, 1990).

El efecto N400 se ha encontrado también cuando se comparan los registros que corresponden a la lectura de una palabra que ya ha aparecido previamente, con los de palabras que se presentan por primera vez o con la primera presentación de las palabras repetidas, tanto en pares de palabras, listas de palabras o en frases y textos. Además, este efecto de repetición interactúa con la frecuencia léxica de las palabras (Besson, Kutas y Van Petten, 1992; revisión en Rugg y Doyle, 1994).

Finalmente la N400 se ha mostrado sensible no sólo a la relación entre una palabra y su contexto precedente y al efecto de repetición de las palabras, sino también a la relación semántica entre pares de palabras, por lo que ha podido ser estudiada por medio de paradigmas de *priming* semántico. Dado que uno de los experimentos

descritos en esta tesis utiliza este tipo de diseño experimental, a continuación se revisarán los trabajos más relevantes que lo han utilizado en combinación con PREs.

### **Priming y N400**

El efecto *priming* es el que se produce cuando el procesamiento de un estímulo se ve modificado por la presentación previa de otro estímulo con el que comparte alguna característica. Por ejemplo, si se le pide a una persona que nombre o bien que reconozca una palabra (denominada *target*), los tiempos de reacción serán menores si la palabra es precedida por otra palabra (denominada *prime*)<sup>11</sup> con la que comparte rasgos semánticos (p.ej. hospital-médico) que si es precedida por una no relacionada (p.ej. caballo-médico). A esta facilitación se la conoce como *priming* semántico.

Bentin, McCarthy y Wood, (1985) estudiaron por primera vez los correlatos electrofisiológicos del efecto de *priming* semántico. Presentaron listas de palabras y no-palabras con las que los participantes en el experimento tenían que realizar una tarea de decisión léxica<sup>12</sup>. La lectura de todas las palabras y no-palabras produjo una negatividad en torno a los 400 ms a partir de la presentación de la palabra *target*, pero dicha negatividad fue menor en los *targets* que habían sido precedidos por *primes* con los que guardaban alguna relación semántica. Los autores señalaron que la latencia y la distribución craneal coincidían con las de la anteriormente descrita N400, por lo que sugirieron la posibilidad de que se tratase del mismo componente. Por otro lado todas las condiciones provocaron una positividad tardía sobre los 600 ms, que fue de mayor amplitud para las no-palabras que para las diferentes condiciones de palabras.

Resultados similares fueron encontrados por Rugg (1985) utilizando pares de palabras. En este experimento también se incluyeron pares en los que la segunda palabra era la repetición de la primera. Nuevamente se encontró una reducción de la amplitud de la negatividad en los *targets* de los pares con relación semántica y en los de repetición, respecto a los *primes* y a los *targets* de los pares sin relación. Las diferencias

---

<sup>11</sup> A lo largo de este trabajo se utilizaran las palabras inglesas *prime* y *target* por ser términos de uso común entre investigadores de habla española.

<sup>12</sup> Tenían que decidir si se trataba de una palabra o de una no-palabra.

comenzaron a partir de los 300 ms y fueron máximas entre los 400 y los 450 ms. También aquí las negatividades fueron seguidas por ondas positivas, aunque en este caso la mayor amplitud correspondió a la condición de repetición.

Según Neely (1991) el efecto *priming* se puede explicar por medio de tres mecanismos diferentes. El primero de éstos es el que se ha llamado *propagación automática de la activación*. Se parte del supuesto de que los conceptos se organizan en redes semánticas, por lo que las palabras semánticamente relacionadas se encuentran más cercanas o unidas por conexiones más fuertes. De esta manera, la activación de un significado concreto se propagará afectando a otros significados con los que se encuentra conectado. Al presentarse una segunda palabra, el significado de ésta puede ya tener algún nivel de activación y por lo tanto será más fácil su recuperación. El otro mecanismo que contribuye a los efectos de *priming* es la *expectación inducida*, que es de tipo atencional y está relacionada con las expectativas o estrategias elaboradas por el lector durante la realización de este tipo de tareas. Atendiendo a la distinción hecha por Posner y Snyder (1975), la propagación de la activación es un proceso de tipo automático, es decir, es temprano, rápido, no requiere atención o conciencia y no consume recursos comunes a otros procesos. Por otro lado, la expectación inducida se relaciona con mecanismos estratégicos que requieren estar bajo control atencional, por lo que consumen más recursos, son posteriores en el tiempo y más lentos. La *integración semántica*<sup>13</sup> es un tercer mecanismo propuesto que refleja el intento de crear una representación común y coherente de los significados de las diferentes palabras, y por lo tanto se le considera como un proceso controlado y postléxico.

Como ya se comentó con anterioridad, los estudios realizados sobre la N400 en el nivel de frases no han resuelto definitivamente el problema de su significado funcional. Algunos investigadores han elegido las tareas de *priming* para intentar determinar los procesos de decodificación lingüística que subyacen a este tipo de actividad cerebral. Concretamente muchos trabajos han intentado determinar si la N400 se corresponde con procesos automáticos o controlados, o si refleja procesos de

---

<sup>13</sup> En inglés se ha denominado semantic matching o post-lexical coherence checking.

acceso al léxico o postléxicos. Para ello se han manipulado ciertas variables que afectan de manera diferente a uno u otro tipo de mecanismos.

Partiendo del supuesto de que el tiempo que transcurre entre la presentación de los estímulos puede afectar de forma diferente a los mecanismos automáticos que a los controlados, Boddy (1986) presentó pares de palabras asociadas o no utilizando SOAs<sup>14</sup> de 200, 600 y 1000 ms. Sin embargo, esta manipulación del SOA no afectó a la negatividad que encontró en los *targets* de palabras no relacionadas (la cual coincide con el componente N400)<sup>15</sup>. Boddy consideró a esta negatividad como el reflejo de procesos no específicos relacionados con modificaciones en el nivel de activación, que se producirían como respuesta a una expectativa automática no cumplida. Este cambio en el *arousal* facilitaría el procesamiento consciente del estímulo y su reanálisis. En relación con este tipo de interpretaciones, otros autores (p.ej. Rugg, 1987) mantienen que la cuestión de si la N400 refleja directamente los procesos cognitivos que se manipulan o si se relaciona con cambios generales de activación es irrelevante para la identificación y separación de componentes, ya que si un componente es sensible a las manipulaciones experimentales, es porque refleja el proceso manipulado o porque este proceso ejerce un control directo sobre el proceso inespecífico. En cualquier caso, los datos de Boddy se han interpretado como un apoyo parcial y no concluyente a la hipótesis de que los efectos del *priming* semántico se deben, al menos en parte, a procesos automáticos. Anderson y Holcomb (1995) también encontraron efectos de *priming* semántico sobre la N400 a SOAs cortos (200 ms y presentación simultánea de *prime* y *target*) pero sólo en la modalidad visual, mientras que en la auditiva sólo los obtuvieron con un SOA de 800 ms. De esta manera, plantean la posibilidad de que los efectos automáticos se den sólo en la modalidad visual y los controlados se den en ambas modalidades.

En esta misma línea, otros trabajos han estudiado el efecto de las demandas de la tarea y de los aspectos atencionales sobre la modulación de la N400 en el *priming*

---

<sup>14</sup> Siglas inglesas de Stimulus Onset Asynchrony, que se refieren al intervalo temporal entre el instante de presentación de un estímulo y la presentación del siguiente.

<sup>15</sup> Aunque los experimentos de Boddy recibieron algunas críticas metodológicas (Kutas y Van Petten, 1988), otros trabajos han encontrado el efecto N400 con SOAs cortos de 200 y 250 ms (Holcomb y Anderson, 1993; Anderson y Holcomb, 1995; Deacon, Uhm, Ritter, Hewitt y Dynowska, 1999).

semántico. Holcomb (1988) varió las instrucciones que daba a sus sujetos para provocar que éstos atendieran o no al *prime*. Esta variación afectó a la amplitud de la N400, siendo ésta mayor cuando se procesaba activamente tanto el *prime* como el *target*. No obstante, en la condición de procesamiento automático del *prime*, aunque de menor magnitud también se dio el efecto N400. Otros trabajos han obtenido resultados similares modificando el tipo de tareas para inducir mayor o menor profundidad en el análisis léxico, encontrando menores efectos cuando el nivel de procesamiento que requiere la tarea es menor (Kutas y Hillyard, 1989; Besson Fischler, Boaz y Ramey, 1992) e incluso mostrando efectos no significativos en la condición de procesamiento automático o superficial (Bentin, Kutas y Hillyard 1993). Los efectos residuales encontrados en las tareas de procesamiento superficial podrían deberse a que las instrucciones no eliminaron del todo el procesamiento consciente de los sujetos o a que parte de las modificaciones encontradas en la N400 se deben a mecanismos de propagación automática de la activación. Más claros fueron los resultados de Chwilla, Brown y Hagoort (1995), quienes encontraron la N400 en una tarea de decisión léxica, pero no encontraron esta negatividad cuando los sujetos tenían que decir si las palabras estaban escritas en letras mayúsculas o minúsculas. A partir de sus resultados, los autores defienden que la amplitud de la N400 depende de la profundidad con la que se procesan las palabras.

Paralelamente, tanto en los experimentos de Holcomb (1988) como en los de Chwilla et al. (1995) se varió la proporción de pares relacionados frente a los no relacionados. En ambos estudios se encontró que la amplitud del efecto fue mayor cuanto menor fue la proporción de pares relacionados. La importancia de esta manipulación radica en que cuanto menor es la proporción de pares relacionados el sujeto tiene menos posibilidades de elaborar estrategias conscientes o de predecir relaciones.

Otra manipulación importante a la hora de determinar si los efectos estudiados se producen por un mecanismo automático de propagación de la activación, es la presentación del *prime* de manera que el sujeto no sea consciente de su aparición. Habitualmente esto se consigue por medio de la técnica conocida como “*priming*”

enmascarado”<sup>16</sup>. Presentando los estímulos mediante esta técnica Brown y Hagoort (1993) no encontraron diferencias en los ERPs entre pares relacionados y no relacionados<sup>17</sup>. Por el contrario, los tiempos de reacción en la tarea de decisión léxica fueron mayores en la condición de relación semántica. Una disociación similar entre los registros electroencefalográficos y las medidas conductuales se encuentra cuando se presenta la palabra *target* degradada o difuminada (Holcomb, 1993)<sup>18</sup>. En este caso, la amplitud de N400 no fue diferente en la condición de *priming* degradado respecto a la de presentación normal, a pesar de que los tiempos de reacción para la condición del *target* degradado fueron mayores. Por otro lado, la N400 presentó una variación en su latencia, estando el componente retrasado en la condición de *priming* degradado. La degradación de los estímulos se supone que afecta al nivel de procesamiento en el que se accede al significado de la palabra. Por lo tanto, este retraso en la latencia de la N400 puede indicar que este componente refleja procesos posteriores a aquéllos en los que se localiza la influencia de la degradación del estímulo, es decir, posteriores al acceso al léxico.

A partir de estos resultados se ha propuesto que la N400 refleja procesos postléxicos de integración de significados. En particular, la amplitud de la N400 sería inversamente proporcional a la facilidad con que dos significados se integran en una sola representación coherente (Brown y Hagoort, 1993; Holcomb, 1993). Se han hecho propuestas similares a partir de los datos obtenidos con el paradigma clásico o con el de repetición de palabras (Halgren, 1990; Rugg, 1990). De manera general puede decirse que la N400 reflejaría la cantidad de recursos necesarios a la hora de integrar un nuevo significado en su contexto previo, sea éste el contexto experimental, el contenido precedente de la frase o la palabra anterior en los experimentos de *priming* y

---

<sup>16</sup> Este procedimiento consiste en presentar una cadena de símbolos no lingüísticos (máscara) antes y después de la palabra *prime*, la cual se presenta con tiempos de exposición muy cortos (entre 30 y 70 ms). De esta manera el sujeto no es consciente de la aparición del *prime*.

<sup>17</sup> Aunque recientemente, con algunas variaciones en el procedimiento y un SOA más corto, Deacon et al. sí encuentran el efecto de *priming* semántico sobre la N400 presentando el *prime* enmascarado (Deacon, Hewitt, Yang y Nagata, 2000).

<sup>18</sup> En este caso se presentaba una matriz de puntos superpuesta a la palabra que eliminaba un 33% de esta.

de repetición<sup>19</sup>. Este proceso de integración sería la base de la creación de representaciones del discurso (Kintsch, 1988; Johnson-Laird, 1983).

Además de los diversos efectos del contexto, esta hipótesis conocida como “Hipótesis de la Integración”, también tiene que dar cuenta de algunos efectos relacionados con características formales de las palabras, en especial los producidos en el *priming* fonológico.

Diferentes estudios han mostrado una reducción de la amplitud de la N400 como respuesta a la similitud fonológica entre pares de palabras. La similitud fonológica puede producirse al final de las palabras como en el caso de la rima, o bien al principio de las mismas. En el caso de palabras que riman, el efecto se ha encontrado tanto con presentación visual (Rugg, 1984) como con presentación auditiva (Praamstra, Meyer y Levelt, 1994; Radeau, Besson, Fonteneau y Luis Castro, 1998). Cuando los fonemas que se repiten se encuentran al principio de las palabras, también se produce una reducción de la negatividad aunque ésta es anterior en el tiempo que la que se produce con la rima. Algunos autores interpretan que este efecto es una modulación de la porción inicial de la N400 (Praamstra et al., 1994; Van Petten, Coulson, Rubin, Plante y Parks, 1999), sin embargo, otros autores consideran que refleja un componente independiente, previo a la N400 (Connolly y Philips, 1994).

La hipótesis de la integración según la versión de Rugg y Doyle (1994) explica también los efectos producidos por la similitud fonológica, ya que según estos autores la N400 se produce en respuesta a cualquier estímulo que pueda ser representado como un código unificado, un código que represente al estímulo de forma unitaria en un dominio de procesamiento. Cualquier código de este tipo (semántico, léxico, fonológico, etc.) podría ser objeto de integración contextual y por lo tanto produciría una N400. De esta manera una no-palabra que puede ser pronunciada, puede entonces ser codificada fonológicamente y producir una N400, pero esto no ocurrirá con una no-palabra que transgreda las reglas fonológicas. A pesar de la parsimonia de esta hipótesis, Rugg y Doyle (1994) reconocen que el término “contexto” puede resultar demasiado vago, ya que abarca desde la palabra que precede a otra hasta el

---

<sup>19</sup> En el caso de la repetición, la facilitación se produciría de manera indirecta por la reaparición de un significado en el mismo contexto (Rugg y Doyle, 1994).

conocimiento general del lector u oyente, incluyendo aspectos tanto lingüísticos como temáticos. Aún así, esta hipótesis no explica los efectos ya comentados de la organización de las representaciones semánticas en la memoria a largo plazo.

Por lo tanto, podemos concluir que la N400 puede reflejar la facilidad con que se integra un nuevo significado con el contexto que le precede (información en la memoria a corto plazo) de cara a establecer una representación de orden superior, siendo también sensible a la facilidad con la que se accede a la información en la memoria a largo plazo.

En cualquier caso, el hecho de que el mismo componente se vea afectado por factores relacionados con la representación e integración de significados, así como por variables léxicas (categoría de palabra o frecuencia léxica) y formales (rasgos fonológicos), ha sido interpretado en el marco de los modelos interactivos del procesamiento del lenguaje. Estos modelos mantienen que la comprensión es el producto de la convergencia de múltiples restricciones que operan en paralelo en diferentes niveles de análisis (Kutas y Kluender, 1994; una visión similar puede encontrarse en Halgren, 1990).

Otra posibilidad es que la N400 sea la suma de diferentes subcomponentes. Las diferentes latencias encontradas en los experimentos de *priming* fonológico podrían señalar que la N400 no es un componente unitario. En esta línea McPherson y Holcomb (1999), a partir de experimentos de *priming* con fotografías de objetos, han disociado dos componentes diferentes relacionados con la N400: uno dependiente del código utilizado (p.ej. lingüístico vs. icónico) y otro posterior en el tiempo relacionado con un sistema semántico amodal. Se ha encontrado una disociación similar de subcomponentes de la N400 al comparar los efectos del *priming* formal con los del *priming* de repetición. La facilitación producida por palabras *prime* que constituyen el principio de las palabras *targets* (p.ej. *scan-scandal*) afecta a un segmento inicial de la N400, mientras que el efecto de repetición se prolonga en el tiempo (Doyle, Rugg y Wells, 1996). De la misma manera, si la facilitación producida por la palabra *prime* desemboca en un efecto de interferencia posterior de cara a la integración, como es el caso de dos palabras con raíces homógrafas (p.ej. *rata-rato*), la N400 muestra una reducción inicial de la amplitud, seguida del efecto típico de la dificultad de integración,

pero retrasado en el tiempo (Barber, Domínguez y de Vega, 2002). Aunque estos datos apuntan a que la N400 refleja diferentes procesos que pueden ser manipulados independientemente, será necesaria más investigación de cara a definir dichos subcomponentes.

### **1.2.2.- Los componentes sintácticos: P600 y LAN**

Establecida la relación de la N400 con el campo semántico, algunos investigadores han dirigido sus esfuerzos al estudio de componentes que pueden estar relacionados con el análisis sintáctico del lenguaje. Algunos de estos trabajos han utilizado la misma lógica empleada en el estudio de la N400, esto es, comparar frases gramaticalmente correctas con frases que incluyen alguna trasgresión de las reglas gramaticales. Otros han comparado frases de diferente complejidad sintáctica.

En uno de los primeros trabajos que analizaban en efecto de la N400 (Kutas y Hillyard, 1983), se compararon frases semánticamente anómalas con frases gramaticalmente incorrectas. En este último caso las frases incluían violaciones de las reglas de concordancia de número entre el sujeto y el verbo en inglés. Los resultados mostraron que durante la lectura de los verbos mal flexionados se producía una negatividad entre los 300 y los 500 ms, la cual presentaba una distribución frontal claramente diferente a la distribución posterior de los efectos encontrados con las trasgresiones semánticas. A pesar de estos resultados, la investigación psicofisiológica del lenguaje durante la década de los años 80 siguió centrada en los procesos léxicos y semánticos de la lectura. De hecho, el procesamiento sintáctico se estudió sólo en relación a las consecuencias semánticas que se derivan de la elección de una determinada estructura en frases ambiguas y, por lo tanto, analizando los efectos sobre la N400 (Garnsey, Tanenhaus y Chapman, 1989).

Ostherhout (Ostherhout, 1990; Ostherhout y Holcomb, 1992) utilizó verbos transitivos e intransitivos para crear frases que podían ser percibidas como incorrectas desde el punto de vista gramatical. En un primer experimento presentó frases gramaticalmente correctas no ambiguas, y frases que violaban la estructura sintáctica establecida por los lectores:

(1) The broker hoped to sell the stock.

(2) The broker persuaded to sell the stock.

La cláusula de complemento “*to sell the stock*” puede ser fácilmente adherida al sintagma verbal en la frase (1) cuyo núcleo es el verbo “*to hope*”. Por el contrario, en la frase (2), a la forma pasiva el verbo transitivo “*to persuade*” no se le puede añadir un sintagma preposicional o una cláusula de infinitivo y por lo tanto no puede ir seguido de la palabra “*to*”.

Las ondas promediadas correspondientes a la lectura de la preposición “*to*” mostraron diferencias entre ambas frases a partir de los 500 ms, que fueron máximas a los 600 ms. La polaridad de este efecto fue inversa a la del efecto N400, por lo que fue denominada P600.

De esta manera, el efecto P600 se describe como resultado de la lectura de una palabra cuya categoría gramatical no corresponde con la esperada en una estructura sintáctica determinada por el lector. Sin embargo, la frase (2) es sólo aparentemente incorrecta, o al menos temporalmente incorrecta desde el punto de vista gramatical. El verbo “*to persuade*” puede entenderse en su forma pasiva añadiendo una cláusula de relativo implícita (“...*[who was] persuaded ...*”), con lo que el verbo auxiliar pasaría a formar parte de la cláusula principal. Esto es lo que sucedía en las frases utilizadas en un segundo experimento donde las frases (1) y (2) fueron ampliadas:

(3) *The broker hoped to sell the stock was sent to jail.*

(4) *The broker persuaded to sell the stock was sent to jail.*

En este caso la frase (3) es gramaticalmente incorrecta porque la frase (1) no se puede continuar con un verbo auxiliar (“*was*”), mientras que el mismo sintagma añadido a la frase (2) hace que el verbo se interprete en su forma pasiva y que, por lo tanto, la frase (4) se entienda como gramaticalmente correcta. En este segundo experimento, se analizaron los efectos de la lectura de la palabra “*was*” y de nuevo se encontró el efecto P600, pero en este caso en la frase (3) respecto a la (4).

Al igual que sucede con la N400, en estos primeros trabajos se demostró que el efecto P600 es independiente de la modalidad en la que se presentan las frases, ya que

estos resultados han sido replicados utilizando una presentación auditiva (Osterhout y Holcomb, 1993), e incluso se han encontrado cuando los tiempos de presentación de las palabras son similares a los del habla natural (Hagoort y Brown, 2000).

Es importante destacar que estos experimentos muestran que la P600 no es solamente una respuesta a las violaciones sintácticas, sino que aparece en frases gramaticalmente correctas pero que son ambiguas durante la lectura de las primeras palabras. En estos primeros momentos, a la frase se le asigna de forma prioritaria una estructura determinada. A partir de la *desambiguación* de la frase, la información posterior puede confirmar la estructura elegida o no. Si no se confirma, entraran en acción procesos encaminados a eliminar la estructura activa y reasignar una nueva (Frazier, 1987) o a inhibir la preferente y a aumentar la activación de la alternativa (Tanenhaus y Trueswell, 1995). En cualquier caso, será necesario un costo adicional para pasar de una a otra estructura. Este costo es el que puede estar reflejando el efecto P600.

Al margen del efecto P600, en los experimentos de Osterhout y Holcomb (1992, 1993) se describe también un efecto similar al encontrado por Kutas y Hillyard (1983), esto es, una negatividad entre los 300 y los 500 ms localizada en la zona anterior izquierda. Sin embargo este efecto se encontró solamente en las frases en las que se violó la estructura de la frase (3) pero no en las que simplemente eran anómalas (2).

Hagoort, Brown y Groothusen (1993) describieron el efecto P600 ante la violación de la concordancia morfológica entre el sujeto y el verbo en un experimento realizado en holandés. Estos autores, atendiendo a sus características funcionales, le asignaron la denominación de *Syntactic Positive Shift* (SPS). Aparentemente este resultado parecía ser contradictorio con lo encontrado en el trabajo de Kutas y Hillyard (1983), ya que estos últimos autores no habían descrito tal efecto ante el mismo tipo de violación en inglés. Sin embargo, una revisión de los datos mostró que el efecto P600/SPS sí se había producido, aunque no había sido descrito porque la ventana temporal analizada en un primer momento abarcó solamente los 600 primeros milisegundos a partir de la presentación de las palabras estudiadas (Kutas y Van Petten, 1994). Posteriormente el efecto P600 se ha encontrado en varias investigaciones que

manipularon los distintos tipos de concordancia gramatical, algunas de la cuales serán tratadas con mayor profundidad en la segunda parte de esta introducción.

Neville et al. (Neville, Nicol, Barss, Forster y Garrett, 1991) realizaron una serie de experimentos para intentar determinar si diferentes tipos de violaciones sintácticas producirían distintos efectos en los PREs. Los participantes en estos experimentos leyeron frases que eran correctas tanto desde el punto de vista sintáctico como del semántico, junto con otras que incluían, o bien una palabra semánticamente anómala con el contexto, o bien una violación sintáctica. Las violaciones sintácticas fueron de tres tipos distintos. A continuación se describen ejemplos de estas violaciones junto con los resultados obtenidos. Las palabras subrayadas fueron las analizadas.

(a) The man admired Don's of sketch the landscape.

Violación de la estructura de la frase: Este tipo de violación se refiere al orden habitual de las palabras dentro de una frase, y concretamente a la categoría gramatical esperada en una determinada posición de la frase. Por lo tanto, se trata del mismo tipo de violación empleado por Osterhout (1990). El análisis de las palabras equivalentes a “of” replicó los efectos encontrados en el experimento de Osterhout: una negatividad entre los 300 y los 500 ms localizada en la zona anterior-izquierda seguida de una positividad a partir de los 500 ms. Estos efectos fueron precedidos por otra negatividad a los 125 ms.

(b) What<sub>i</sub> did the man admire the Don's sketch of \_\_\_\_<sub>i</sub>?

Violación de la “especificidad” (*specificity violation*): En este caso un especificador es movido fuera de los límites del sintagma nominal. La línea continua marca la “huella” dejada por el movimiento de un constituyente de la frase desde su posición canónica a otra posición en la formación de la interrogación. El subíndice indica hacia dónde se movió dicho constituyente. Es importante señalar que este tipo de violación es considerada como una violación sintáctica pero también, en parte, semántica. Los resultados mostraron un componente negativo lento que comienza ya desde los 125 ms y que se localiza también en la zona anterior-izquierda.

(c) What<sub>i</sub> was a sketch of \_\_\_\_<sub>i</sub> admired by the man?

Violación de la condición de “subyacencia” (*subjacency violation*): En este caso sujeto y objeto son separados al moverse este último fuera del sintagma nominal. Este tipo de violación es considerada como una violación de naturaleza puramente sintáctica. En este caso se produjo una positividad similar a la P600 en distribución y morfología, pero que comenzó a partir de los 200 ms.

Los resultados del experimento de Neville et al. (1991) mostraron que los tres tipos de violaciones utilizadas, que pueden ser asociados a tres tipos diferentes de módulos de procesamiento gramatical, produjeron tres tipos de efectos diferentes.

A pesar de que tanto las violaciones sintácticas como las preferencias sintácticas suelen mostrar efectos del tipo P600, la distribución del efecto varía según se trate de uno u otro caso. El efecto de las violaciones tiende a mostrar una distribución posterior, mientras que el efecto de la ambigüedad suele distribuirse en zonas anteriores. Además, el efecto de las violaciones podría incluir dos fases diferentes, una con distribución anterior-posterior y otra con distribución sólo posterior (Hagoort y Brown, 2000). Teniendo en cuenta estos datos, y las diferencias encontradas en la latencia de inicio de algunos efectos, la P600 debe considerarse como una familia de efectos a los que contribuyen diferentes generadores relacionados con diferentes momentos del procesador sintáctico (Hagoort, Brown y Osterhout, 1999).

Aunque, hay que señalar que este tipo de propuestas integradoras no explican toda la variabilidad que la P600 muestra en cuanto a latencia y distribución. Por ejemplo, la violación de la estructura gramatical produjo en los experimentos de Neville et al. (1991) un efecto que tuvo su máxima intensidad en las zonas occipitales de forma bilateral, mientras que la misma violación produce en los experimentos de Osterhout y Holcomb (1992) un efecto con distribución anterior y lateralizado hacia la derecha. Otras inconsistencias de este tipo se pueden encontrar si además se consideran trabajos en otras lenguas que no sean la inglesa (Hagoort et al., 1993).

La aparición del efecto P600 se ha mostrado inconsistente incluso dentro de un mismo grupo de sujetos. Osterhout, analizando por separado las ondas de cada uno de los participantes en un experimento, encontró que algunos sujetos produjeron un efecto P600 ante una violación de la concordancia gramatical, mientras que otros

mostraron una N400 como respuesta a la misma violación (Osterhout, 1997). Estos datos sugieren interesantes cuestiones teóricas, al tiempo que plantean numerosas complicaciones metodológicas a una técnica basada en el promediado de grupos de sujetos.

En relación con el componente P600 también se ha propuesto la llamada “tesis de la identidad”, que propone que este componente es una manifestación de la P300 (P3b). Este componente aparece en respuesta a la detección de eventos infrecuentes y podría presentar una latencia más tardía debido a la complejidad del procesamiento lingüístico. Aunque inicialmente algunos trabajos contradecían esta hipótesis (Osterhout, McKinnon, Bersick y Corey, 1996), datos más recientes parecen apoyarla (Gunter, Stowe y Mulder, 1997, Coulson, King y Kutas, 1998a). Esto ha traído consigo el planteamiento de un intenso debate en torno a esta cuestión (Osterhout y Hagoort, 1999; Coulson, King y Kutas, 1998b).

Actualmente se considera que el componente P300 no es un componente unitario, sino un grupo o familia de componentes. Algunos de los subcomponentes más aceptados presentan ligeras diferencias en distribución, latencia y sensibilidad ante las manipulaciones experimentales. El componente P3a muestra una distribución fronto-central, mientras que la del P3b es centro-parietal. Otro subcomponente conocido como Onda Lenta Positiva (*Positive Slow Wave*) presenta una morfología diferente y una duración mayor que los anteriores. Estos tres subcomponentes han mostrado su sensibilidad a la probabilidad de aparición de los estímulos, y al menos los dos últimos son sensibles a la relevancia del estímulo de cara a la tarea. Además, cada uno de estos subcomponentes a su vez parecen estar originados por diferentes generadores (Johnson, 1993).

Algunos trabajos han registrado el efecto P600 durante la lectura y sin demandas adicionales (Haggort et al., 1993; Osterhout y Mobley, 1994). Por esta razón, algunos autores han argumentado que el efecto P600 no se da solamente cuando la detección de las violaciones es relevante para la tarea experimental. Este dato, sin embargo, no puede considerarse como definitivo, ya que se puede considerar que una violación gramatical siempre es relevante para la lectura de frases.

Osterhout et al. (1996) realizaron una serie de experimentos para intentar diferenciar los componentes P600 y P3b. Para ello compararon los efectos de las violaciones sintácticas (concordancia sujeto-verbo) con las desviaciones físicas (palabras en mayúsculas en medio de palabras en minúsculas). También manipularon la probabilidad con la que estas desviaciones tenían lugar a lo largo de los experimentos: en un experimento las desviaciones constituyeron el 60% de los estímulos y en otro sólo el 20%. Los resultados mostraron que las desviaciones físicas produjeron el clásico complejo fronto-central P2-P3a a partir de los 300 ms, y el componente P3b con distribución central-posterior a partir de los 500 ms. Por su parte, las violaciones gramaticales produjeron el patrón ya descrito, el cual se diferenciaba del de las desviaciones físicas en la morfología de las ondas, en su curso temporal, su amplitud y parcialmente en su topografía. En cuanto al efecto de la probabilidad, esta variable moduló los efectos de las desviaciones físicas, pero su efecto no fue significativo sobre las violaciones sintácticas. Finalmente, en estos experimentos se incluyeron también dobles desviaciones (físicas y gramaticales), las cuales según los autores mostraron que las dos manipulaciones produjeron efectos que se sumaron de forma lineal, apoyando así la independencia de los procesos subyacentes.

Coulson et al. (1998a) presentan como principal argumento de la “hipótesis de la identidad” la sensibilidad de la P600 a la probabilidad de ocurrencia de las violaciones. Es decir, el hecho de que la amplitud de la P600 sea mayor, cuanto menor es el número de frases con violaciones en un experimento. Por este motivo, también realizan experimentos en los que se presentan violaciones gramaticales variando la proporción entre bloques experimentales (80% de violaciones en un caso y 20 % en otro) y además comparan dos tipos de violaciones: violaciones de la concordancia sujeto-verbo y errores en el tipo de pronombre utilizado. Según los autores, estos dos tipos de violaciones tienen un impacto diferente en el análisis sintáctico, por lo que pueden ser utilizados para evaluar el efecto de la relevancia de las violaciones sobre la P600. Los resultados, a diferencia de los de Osterhout et al. (1996), sí mostraron que el efecto de las violaciones sintácticas fue significativamente afectado por la probabilidad de ocurrencia de la violación. Además, las violaciones por sustitución de pronombres mostraron un efecto mayor que las violaciones por falta de concordancia, lo que según

los autores indica que la relevancia del estímulo afecta al efecto P600 de la misma manera que modula el componente P3b.

Otro trabajo de Gunter et al. (1997), al igual que el de Coulson et al. (1998a), también muestra una interacción significativa entre la probabilidad de aparición de una violación y la amplitud del efecto P600, siendo mayor esta amplitud cuanto menor es la probabilidad.

Los trabajos de Osterhout et al. (1996) por un lado, y los de Coulson et al. (1998b) y Gunter et al. (1997) por otro, han sido analizados, criticados y reinterpretados en artículos posteriores en los que se mantienen las dos posturas encontradas en relación con la cuestión planteada (Osterhout y Hagoort, 1999; Coulson et al., 1998b).

Un aspecto importante a tener en cuenta en este debate es que la solución al mismo no ha de ser dicotómica, ya que estamos tratando con componentes que son el fruto de diferentes generadores, algunos de los cuales pueden ser compartidos en ambos casos. Por otro lado, incluso aceptando que la P600 depende de la probabilidad de que se produzca la violación, esto no tiene que significar que esté relacionada con el componente P300, ya que numerosos procesos cerebrales pueden estar modulados por la probabilidad de aparición de los estímulos con los que trata.

Hay que tener en cuenta que el hecho de que la P600 sea independiente de los procesos que generan la P300, es importante de cara a los modelos que postulan cierta modularidad en los procesos de comprensión del lenguaje en general, y de los procesos que realizan el análisis sintáctico en particular. Sin embargo, esta especificidad tiene que ser considerada en un sentido amplio, ya que existen datos que muestran que el efecto P600 se puede provocar con material no lingüístico, concretamente con secuencias musicales (Patel, Gibson, Ratner, Besson y Holcomb, 1998). De esta manera, la P600 podría estar reflejando procesos de análisis o reanálisis atendiendo a un sistema general de reglas.

En cualquier caso, incluso si la P600 no muestra directamente procesos específicos del lenguaje, puede seguir siendo considerado como un marcador adecuado de dichos procesos. En esta línea son ya numerosas las investigaciones que han

utilizado este marcador para estudiar y poner a prueba distintos modelos sobre el procesamiento sintáctico.

Si atendemos a algunos modelos seriales sobre procesamiento del lenguaje (p.ej. Frazier, 1987), al menos parte del procesamiento de la estructura sintáctica debe preceder a los procesos de integración sintáctico-semántica. Por lo tanto, la latencia de la P600 y el hecho de que su aparición sea posterior a los efectos de la N400, hacen que este componente se produzca demasiado tarde en el tiempo para reflejar los primeros momentos del análisis sintáctico.

Muchos de los trabajos que han estudiado los efectos de las violaciones sintácticas han mostrado que el efecto P600 aparece precedido por otro efecto de signo contrario que ha sido denominado como LAN. En muchos casos este efecto se presenta en la misma ventana temporal que la N400, entre los 300 y los 500 ms (Osterhout y Holcomb, 1992; Kluender y Kutas, 1993; Rosler, Friederici, Pütz y Hahne, 1993), aunque en otros informes su latencia es anterior, entre los 125 y los 180 ms (Neville, 1991; Friederici, Pfeifer y Hahne, 1993). La distribución de estas negatividades es anterior y en muchas ocasiones está lateralizada hacia el hemisferio izquierdo, aunque también se ha encontrado de forma bilateralizada (Münte, Matzke y Johannes, 1997).

Un problema que plantearon las primeras investigaciones que describieron este efecto fue que siempre analizaban los efectos de las violaciones sintácticas sobre la última palabra de una frase. De esta manera, los efectos sobre el análisis sintáctico podían estar mezclados con otros procesos que tienen lugar al final de la lectura de una frase. Al final de la frase no sólo tienen lugar los efectos locales del análisis sintáctico, sino también procesos relacionados con la integración global de la información, o relacionados con la toma de decisiones en relación con la tarea. En este sentido se ha observado que una violación gramatical que tiene lugar a mitad de una frase puede producir un efecto del tipo N400 en la última palabra de dicha frase (Osterhout y Holcomb, 1992). Osterhout (1997) encontró que las negatividades anteriores aparecen más claramente cuando la violación se produce al final de frase que cuando se producen a mitad de la misma. Por estas razones, algunos autores han considerado que puede existir cierta relación entre estas negatividades anteriores y la N400, o al menos,

que ambos efectos pueden solaparse (Hagoort et al., 1999). Sin embargo, existen trabajos recientes que encuentran el efecto LAN con violaciones que suceden a mitad de frase (Gunter, Friederici y Schriefers, 2000).

Otro aspecto que ha sido criticado a la hora de considerar a la LAN como un componente unitario es la variabilidad en su latencia. Teniendo en cuenta esta característica de las negatividades anteriores, Friederici, Pfeifer y Hahne (1993) distinguen entre la LAN y la LAN-temprana (early-LAN o ELAN). La LAN se ha encontrado ante violaciones de la concordancia gramatical (Osterhout y Holcomb, 1992; Rosler et al., 1993; Gunter et al., 1997 y Coulson et al., 1998a) y tiene lugar entre los 300 y los 500 ms, mientras que la ELAN se encuentra sólo ante violaciones de la estructura sintáctica de la frase y posee una latencia entre 100 y 300 ms (Neville, 1991; Friederici et al., 1993).

A partir de los datos obtenidos sobre la P600 y las LANs, Friederici (1995) ha propuesto un modelo de dos fases en el procesamiento sintáctico congruente con el modelo propuesto por Frazier (Frazier, 1987; Ferreira y Clifton, 1986). Una primera fase estaría reflejada en las LANs, y se dividiría en un primer momento de análisis sintáctico estructural que sería automático (ELAN), y un segundo momento de análisis de propiedades sintácticas de la palabra más influenciado por características de la tarea (LAN). Estos primeros pasos serían previos o en paralelo al procesamiento semántico (N400). En una segunda fase cuyo correlato electrofisiológico sería la P600, se realizarían tareas de cierre o reanálisis, integrando o evaluando la coherencia de la información semántica con la sintáctica.

Para intentar establecer la relación entre la ELAN y el procesamiento de la estructura sintáctica se han realizado una serie de experimentos que analizan las propiedades de este componente.

Los procesos encaminados al establecimiento de la estructura sintáctica son considerados como automáticos y por lo tanto independientes de las demandas experimentales o del establecimiento de estrategias por parte de los sujetos. Hahne y Friederici (1997) pusieron a prueba este supuesto manipulando la proporción de frases que contenían una violación. Al igual que los experimentos descritos anteriormente,

encontraron que el componente P600 se vio afectado por la manipulación de la proporción. Sin embargo, el efecto ELAN se encontró con la misma intensidad cuando la proporción fue alta o baja, por lo que los autores concluyen que este componente es independiente de las expectativas o estrategias generadas por los lectores durante los experimentos.

De la misma manera se han encontrado datos que indican la independencia de este componente respecto a la tarea o a las instrucciones dadas por el experimentador (Hahne y Friederici, 1999). La ELAN se encontró incluso cuando los sujetos tenían que hacer juicios de adecuación semántica de las frases ignorando los errores sintácticos. Bajo estas circunstancias, por el contrario, no se produjo el efecto P600, indicando nuevamente que este efecto puede estar supeditado a las expectativas o estrategias del lector.

Es interesante observar que la N280 es un efecto de características similares a la ELAN, y que está asociado al procesamiento de las palabras función frente a las de contenido (Neville, Mills y Lawson, 1992). Teniendo en cuenta que las palabras función son piezas claves para la construcción de la estructura de la frase, podría existir alguna relación entre estos efectos.

Otros datos parecen apoyar también la propuesta de que los efectos LAN reflejan procesos de análisis e integración de las características sintácticas de las palabras (como los rasgos morfológicos) frente a la P600 que reflejaría procesos de integración sintáctico-semánticos, o de reanálisis.

Münste (Münste et al., 1997) presentó frases formadas por pseudo-palabras que por su morfología respetaban las reglas gramaticales o las transgredían, manipulando la concordancia morfo-sintáctica. Bajo estas circunstancias, las violaciones gramaticales produjeron el mismo efecto LAN que cuando las violaciones se realizaron con palabras reales. Sin embargo, el efecto P600 sólo se produjo con la lectura de frases compuestas por palabras. Los autores sostienen que en el caso de las pseudopalabras, el procesador intenta la integración sintáctica que produce la LAN. Este proceso se produce en paralelo al análisis léxico-semántico, pero si este último falla no es necesario realizar los procesos de reanálisis y el efecto P600 no tiene lugar.

A una conclusión similar se llega tras el análisis de una serie de experimentos realizados con pares de palabras (Münte y Heinze, 1994). En estos experimentos la no concordancia sintáctica muestra solamente el efecto LAN pero no el P600. Según los autores, la falta de contexto sintáctico puede hacer que no sean necesarios los procesos de reanálisis.

A pesar de estos datos, otros investigadores mantienen una visión totalmente diferente acerca de las negatividades anteriores. Teniendo en cuenta que efectos similares a los descritos hasta aquí como consecuencia de violaciones sintácticas, también se producen ante ambigüedades léxicas y sintácticas (Hagoort y Brown, 1994), procesos de asignación de antecedentes en el discurso (Anderson y Holcomb, 2002) o de movimiento de constituyentes dentro de la estructura de la frase (Kuender y Kutas, 1993), se ha propuesto que la LAN refleja procesos relacionados con las diferentes cargas impuestas durante la comprensión sobre la memoria de trabajo (Kuender y Kutas, 1993; King y Kutas, 1995). Desde esta perspectiva, el efecto LAN no es considerado como un componente que refleje procesos exclusivamente lingüísticos.

Podemos concluir de lo visto hasta aquí que existen, al menos, dos tipos de efectos que se relacionan con el análisis sintáctico de las frases. Estos efectos, denominados P600 y LAN, presentan características que los diferencian de las modulaciones de la N400 relacionadas con los procesos léxico-semánticos. Sin embargo, la variabilidad encontrada en estos efectos a través de las diferentes investigaciones hace difícil plantear definiciones unificadas de ellos. De la misma manera, no es posible determinar con seguridad si reflejan directamente procesos lingüísticos o si son el resultado de procesos cognitivos más generales. En cualquier caso, estos efectos constituyen una herramienta de gran utilidad como marcadores de los procesos de análisis sintáctico en el estudio de la comprensión del lenguaje.

### **1.3.- LA MORFOLOGÍA DE LAS PALABRAS Y LAS RELACIONES DE CONCORDANCIA**

Desde una perspectiva lingüística, la morfología es la parte de la gramática que tiene como objeto de estudio la estructura de las palabras. Los objetivos principales de la morfología son: delimitar, definir y clasificar las palabras y las unidades que las

componen; describir cómo tales unidades se agrupan; y explicar cómo estas unidades se combinan y constituyen conformando la estructura interna de las palabras. Por lo tanto, si concebimos la gramática como un sistema organizado de unidades y de reglas, el objetivo de la morfología consiste en describir las unidades básicas o necesarias que constituyen las palabras, y en formular las reglas que permitan, combinando tales unidades, la construcción de nuevas palabras o el análisis de las existentes.

Las palabras están compuestas por morfemas, definidos como las unidades mínimas con significado de una lengua. Existen fundamentalmente dos tipos de unidades morfológicas: las raíces o bases y los afijos.

Entre otras clasificaciones, la morfología distingue entre palabras simples y complejas (*ayer* frente a *anteayer*), “monomorfémicas” y “polimorfémicas” (*ayer* frente a *niñ-o-s*), y entre palabras flexivas e invariables (*niño/a/os/as* frente a *ayer*). Estas distinciones se basan en las posibilidades de combinación de las diferentes unidades.

Las raíces hacen referencia a conceptos concretos o abstractos, acciones o cualidades, mientras que los afijos matizan, modifican o añaden significados a las raíces (p.ej. señalan el género, el número o el tiempo verbal). Los afijos, según la posición que ocupen en la palabra respecto a la raíz, pueden ser prefijos (anteriores), sufijos (posteriores) o intrafijos (intercalados). Todas las palabras que surgen de añadir afijos a una misma base se consideran como flexiones de esa base (*niño, niñas*, etc.) o derivaciones (*pan, panadero*). El conjunto de flexiones y/o derivaciones de una raíz es considerado como una familia morfológica (p.ej. *niña, niños, niñera, niñería*, etc.).

Por otro lado, las palabras a lo largo de la historia de una comunidad lingüística pueden evolucionar a partir de una raíz morfológica formándose derivaciones opacas, de manera que palabras con un morfema común pueden llegar a tener significados completamente diferentes (p.ej. *periodo* y *periodista*).

De especial interés para nuestro trabajo son las relaciones que la morfología establece con otros campos de la gramática, especialmente con la lexicología y con la sintaxis.

Existen aspectos de la palabra cuya consideración global sobrepasa el ámbito de la morfología. La morfología por sí sola puede dar cuenta de los distintos tipos de

morfemas, afijos y bases y, como hemos visto, de algunos tipos de palabras atendiendo a su estructura. Pero se complementa con la sintaxis para clasificar las palabras como sustantivos, adjetivos, verbos, etc.

La flexión constituye un dominio común a la morfología y a la sintaxis. Una palabra como “niño” posee una estructura interna formada por la raíz “niñ-” y la desinencia “-o”. Si consideramos el sintagma “el niño alto”, una vez elegida la palabra “niño”, con la marca flexiva de masculino singular, tanto el artículo como el adjetivo deben compartir esa misma opción. Esta identidad de marca señala la relación sintáctica entre las palabras constituyentes de un sintagma y es conocida como concordancia. La concordancia afecta tanto a los sintagmas como a las oraciones. Por lo tanto, la concordancia es objeto de estudio de la sintaxis, pero los procedimientos de flexión de una palabra son competencia de la morfología.

El estudio de la morfología desde una perspectiva psicolingüística tiene como objetivo determinar si las unidades morfológicas, definidas a partir del análisis descriptivo del lenguaje, cumplen alguna función en los procesos de comprensión, representación y producción del lenguaje. Desde este punto de vista, y al igual que ocurre en la gramática, la morfología también es relevante en dos niveles diferentes del procesamiento del lenguaje: el nivel léxico y el nivel sintáctico. Ambos aspectos han generado líneas de investigación diferentes dentro del campo de la psicolingüística.

Antes de pasar a considerar con mayor profundidad el papel de la morfología en los sistemas de representación léxica y en los procesos de análisis sintáctico, haremos una breve descripción de las características morfológicas del género y el número en la lengua española.

### **1.3.1.- La morfología de género y de número en español**

El español posee una morfología flexiva muy rica que se rige por un sistema complejo de reglas e irregularidades, las cuales tienen implicaciones importantes en las relaciones de concordancia establecidas entre las palabras. En español, el género y el número son dos atributos morfológicos de las palabras que son utilizados para establecer las relaciones de concordancia gramatical.

**EL GÉNERO:**

Las diferentes lenguas tienden a presentar la noción de género gramatical, bien como una característica conceptual de las palabras, o bien como una propiedad formal de las mismas<sup>20</sup>. El inglés es un ejemplo de lengua con un género gramatical que es casi exclusivamente conceptual. En esta lengua, las marcas de género se utilizan en palabras con referentes animados y existe una relación transparente entre el sexo biológico de los referentes y el género de sustantivos y pronombres. Por el contrario, las lenguas romances pueden ser consideradas como ejemplos de lenguas con un sistema gramatical de género. En este caso, aunque algunos nombres con referentes animados mantienen la relación entre género y sexo biológico, no existe ninguna base conceptual para la distinción de género en otros muchos nombres.

Por lo tanto, se pueden distinguir tres tipos de género en español: el género morfológico, el género sintáctico y el género semántico (Elías-Cintrón, 1995).

**El género morfológico:** se encuentra marcado en el nivel de la palabra y se corresponde con la forma fonológica y ortográfica de un sufijo. Se aceptan como marcas canónicas los sufijos “-a” para el femenino y “-o” para el masculino, aunque existen otras terminaciones menos frecuentes propias de cada género como “-iz” para el femenino u “-or” para el masculino. Sin embargo existen numerosas excepciones a estas reglas. Por ejemplo, en la palabra “víctima” la “-a” no implica necesariamente el género femenino, ya que ésta puede concordar con un determinante femenino o masculino, o la terminación “-o” de “radio” no implica género masculino, ya que esta palabra tiene género sintáctico femenino. Además, existen numerosas palabras que carecen de marca morfológica alguna (p.ej. “reloj” o “gris”) y por lo tanto de género morfológico.

**El género sintáctico:** se define en el nivel sintáctico y determina la concordancia entre palabras. De este modo, muchos sustantivos que carecen de género morfológico definen su género sintáctico a partir del género de los determinantes y adjetivos con los que concuerda. En algunas excepciones no se cumple la concordancia de género por razones fonológicas; es el caso de “el agua” o “el arma”. Finalmente,

---

<sup>20</sup> Un análisis del género en diferentes lenguas puede encontrarse en Corbett, 1991.

muchos adjetivos pueden concordar tanto con sustantivos masculinos como con femeninos, como “alegre” o “inteligente”.

**El género semántico:** señala el género biológico de los referentes, por lo que sólo los sustantivos con referentes animados pueden tener este atributo. Muchas palabras recurren a unidades léxicas diferentes para designar la oposición masculino-femenino (“yegua/caballo”). Otras precisan otra palabra para esta especificación (“topo macho/hembra”).

Al margen de los sustantivos y algunos pronombres, el género de otras palabras como los artículos o los adjetivos carece en principio de contenido semántico. El contenido semántico de estas palabras vendría dado a partir de su relación con los sustantivos con los que concuerdan. De esta manera, los morfemas de género (y también de número) del adjetivo, no caracterizan su contenido léxico, sino que son meros significantes del género (y del número) del sustantivo al que se aplica (Martínez, 1999).

En general las palabras que admiten las dos formas de género (masculino y femenino) son consideradas de género variable, mientras que las que tienen asignada sólo una de estas formas se consideran de género fijo.

Especialmente en las palabras que carecen de género semántico, el género es considerado como una característica propia de la representación léxica de las diferentes palabras, es decir, una característica de la raíz que por lo tanto sería indisociable de ésta desde el punto de vista léxico (Harris, 1991).

## EL NÚMERO:

También aquí podemos diferenciar entre número morfológico, sintáctico y semántico, sin embargo estas categorías, a diferencia del género, tienden a coincidir.

En español el número presenta diferencias importantes respecto al género.

En primer lugar, la oposición de número singular-plural es aplicable a todas las palabras, a diferencia de lo que ocurre con el género. Esto ocurre incluso con palabras

de número morfológico y sintáctico singular que tienen referentes semánticos plurales, como el caso de “gente”, que también admite el plural “gentes”.

En segundo lugar, la marca del plural es siempre explícita. Se aplica la regla de añadir una “-s” a la forma singular para formar el plural, o una “-es” según una regla fonológica fija. Existen pocas excepciones a esta regla, entre las que están algunas palabras compuestas (p.ej. “el aguafiestas”) o palabras cuyo singular termina en “-s” (p.ej. “crisis”).

Es importante destacar que en las palabras con género morfológico la marca del plural se añade a continuación del sufijo de género (“niñ-o-s”). Esta característica morfológica puede tener implicaciones importantes a la hora de considerar los mecanismos de almacenamiento y recuperación de las palabras y sus diferentes formas flexivas.

A diferencia del género, el número siempre es considerado como una característica conceptual, es decir, un rasgo que señala la cantidad del referente. Además, desde el punto de vista léxico, el número no se encontraría asociado a la raíz sino que se trataría de una marca morfológica que se combina con la raíz para modificarla (Ritter, 1988). Como veremos más adelante, esta característica léxica constituye una de las diferencias más importantes respecto al género, y tiene consecuencias relevantes en el nivel sintáctico.

### **1.3.2.- La morfología y la representación del léxico**

La posibilidad de descomposición de las palabras en unidades inferiores tiene implicaciones importantes para el estudio de los mecanismos de almacenamiento, representación y recuperación de las palabras. Diferentes modelos teóricos mantienen que el reconocimiento de palabras es un proceso complejo que se sirve de unidades subléxicas. Es decir, las palabras pueden ser descompuestas en unidades inferiores que dirigen o facilitan el acceso a los significados. Estas subunidades podrían ser las sílabas, los morfemas o unidades intermedias.

En esta línea, estudios recientes tanto en psicolingüística como en neuropsicología cognitiva han puesto énfasis en el papel que juega la estructura

morfológica en el reconocimiento de las palabras, así como en su representación (revisiones en Feldman, 1995; y en Sandra y Taft, 1994). Por el contrario, otros modelos interactivos mantienen descripciones a partir de un nivel ortográfico y otro superior de naturaleza semántica, por lo que cuestionan la existencia de un nivel independiente de representación morfológica. Para estos modelos, sería la co-ocurrencia de determinadas secuencias de letras en una lengua la que haría al sistema sensible a determinados patrones ortográficos o fonológicos. Los patrones de bigramas de alta y baja frecuencia explicarían los patrones morfológicos, ya que las probabilidades de transición de las secuencias de letras que comparten límites morfológicos tienden a ser menores que las secuencias internas a la unidad morfológica<sup>21</sup> (Seinderberg, 1987).

Habitualmente en las descripciones del léxico mental se suele distinguir entre representaciones de acceso y representaciones centrales. Las representaciones de acceso son estructuras de procesamiento específicas de la modalidad sensorial y están implicadas en el análisis de las entradas visuales o auditivas. Conectan los niveles periféricos de procesamiento y el léxico central, codificando información ortográfica y fonológica. Por otro lado, las representaciones centrales son estructuras independientes de la modalidad que codifican los significados de las palabras y sus roles sintácticos y temáticos. El estudio de la morfología desde un punto de vista psicolingüístico atañe a ambos tipos de representaciones. Se trata de determinar si las palabras son almacenadas completas, es decir tanto las formas base como las derivadas (p.ej. *niño-niña-niñera*), o si en el léxico interno se almacenan por un lado las raíces y por otro los afijos que pueden añadirse a las raíces en los procesos morfológicos de flexión y derivación, además de un conjunto de reglas para llevar a cabo esos procesos. Esta segunda opción determina el tipo de representación de acceso, ya que para reconocer una palabra derivada será necesario descomponerla en sus constituyentes morfológicos.

Las dos opciones expuestas se materializan en dos hipótesis contrapuestas para explicar la representación del léxico en relación con la morfología. La “**hipótesis del listado completo**” (Butterworth, 1983) mantiene que las palabras son almacenadas y recuperadas como formas completas, y que se accede a ellas de manera directa por

---

<sup>21</sup> Esta explicación se puede aplicar a otras subunidades léxicas como la sílaba.

medio de entradas independientes. La importancia de la estructura morfológica estaría en la organización de las representaciones. De esta manera, las palabras pertenecientes a una misma familia morfológica estarían conectadas entre sí (Seguí y Zubizarreta, 1985). Por el contrario, la “**hipótesis de listado parcial**” o de “unidades mínimas de significado” defiende que sólo se almacenan las raíces, sobre las que se aplican reglas morfológicas que derivan la forma completa de las palabras. Para que se pueda reconocer una palabra, primero tiene que descomponerse en sus constituyentes morfológicos y a partir de éstos se accederá a la representación central (Taft y Foster, 1975). Una reformulación más reciente de este modelo plantea que los morfemas se representan como unidades de un sistema jerárquico de activación que se activan a partir de la información ortográfica y que a su vez activan representaciones polimorfémicas. Por lo tanto, la representación polimorfémica o de la palabra completa no es descompuesta, pero se accede a ella por medio de los morfemas (Taft, 1994).

El modelo conocido como **AAM** (siglas inglesas de Augmented Addressed Morphology) es una combinación de las dos hipótesis descritas que propone que tanto las formas completas de las palabras como las raíces y afijos están almacenados por separado (Caramazza, Laudanna y Romani, 1988). Este modelo defiende que la presentación de una secuencia de letras o fonemas activa tanto la forma completa de la palabra correspondiente como su raíz y sus afijos. De esta forma, la presentación de la palabra “niño” activará las representaciones tanto de la palabra “niño”, como de la raíz “niñ-” y del sufijo “-o”. Se trata pues de un sistema de activación de doble ruta. El modelo asume que ya que las representaciones completas de las palabras conocidas siempre tendrán umbrales de reconocimiento más bajos que los de sus morfemas, su activación será más rápida, por lo que la descomposición morfológica entrará en juego sólo en aquellos casos en los que la palabra no sea conocida.

En cuanto a la relación entre los morfemas y las sílabas, se plantea el problema de que ninguna de estas unidades subléxicas puede ser reducida a la otra. Para afrontar esta cuestión algunos autores se apoyan en los modelos clásicos de doble ruta (Alvarez, Carreiras y Taft, 2001). De esta forma, una vía ortográfica sería activada por las unidades gráficas, que a su vez activarían unidades superiores como los morfemas antes de activar la representación completa de la palabra. Al mismo tiempo y en paralelo, los

grafemas también activarían unidades fonológicas a través de la ruta fonológica. En este segundo caso, la sílaba podría constituir una unidad fonológica. Con esta propuesta se evita el problema de tener que integrar morfemas y sílabas en un mismo sistema de recuperación. El principal inconveniente de esta propuesta es que solamente es válida para el procesamiento de entradas visuales, a pesar de que existe evidencia de que las unidades morfológicas también intervienen en la recuperación léxica a partir de entradas auditivas (Marslen-Wilson, Tyler, Waksler y Older, 1994).

Un aspecto del acceso al léxico que confirma la influencia de la morfología en este proceso es su sensibilidad a la frecuencia acumulada de los morfemas, además de a la frecuencia superficial de la palabra. La frecuencia acumulada o frecuencia de raíz es la suma de las frecuencias de todas las palabras flexionadas a partir de una misma raíz. De esta manera, los tiempos de reconocimiento de palabras con la misma frecuencia superficial (la de una forma concreta de la palabra) varían en función de la frecuencia acumulada morfológica, siendo menores cuanto mayor es ésta (Taft, 1979). Es decir, la frecuencia acumulada de las diferentes entradas de una familia morfológica es mejor predictor que la frecuencia individual de la palabra. Este dato apoya la relevancia psicológica del concepto lingüístico de familia morfológica, y a su vez respalda aquellos modelos que mantienen la existencia de conexiones entre las representaciones de significados que comparten una misma raíz.

En una investigación realizada en español Domínguez, Cuertos y Seguí, (1999), compararon el efecto de la frecuencia superficial de palabras con la misma raíz morfológica. De esta manera, compararon palabras cuya forma masculina era dominante (p.ej. *ciego*) con palabras con la forma femenina dominante (p.ej. *viuda*), y la misma comparación la hicieron respecto a las formas singular y plural. Cuando se compararon los efectos de palabras de diferente dominancia según el género con una tarea de decisión léxica, se encontró el efecto de frecuencia superficial en ambos tipos de palabras. En este caso, entre dos palabras derivadas de la misma raíz (pero con distinto género), se reconoció más rápidamente aquélla que era dominante independientemente de su género (por ejemplo *ciego* o *viuda* frente *ciega* o *viudo*). En el caso del número cuando la forma dominante de un par era la singular se observó el mismo efecto de frecuencia. Sin embargo, este efecto no se encontró cuando la forma dominante era el

plural. Estos datos sugieren que mientras la información de género es recuperada de manera directa durante el reconocimiento de las palabras, el acceso a la información de número podría estar mediado por la entrada léxica correspondiente a la forma singular. Es decir, que se almacenarían representaciones independientes para las formas masculina y femenina singulares sobre las que se construirían las formas plurales.

Aunque en este trabajo nos centraremos en los procesos de concordancia gramatical, resultados como los de Domínguez et al. (1999) nos muestran que ya en los procesos de representación y recuperación, el número puede servirse de reglas que no son aplicables al género. Esto puede deberse, entre otras razones, a que muchas palabras no marcan el género y de las que lo marcan, la mayoría sólo admite una de las dos formas. Esta importante restricción puede determinar que, a este nivel, los mecanismos de los que se sirve la flexión de número no se apliquen a la flexión de género, ni siquiera en los casos en que no existe dicha restricción, es decir, en las palabras con género variable. Sin embargo, parece prudente tener en cuenta estas cuestiones a la hora de estudiar los procesos de concordancia en diferentes tipos de palabras, con diferentes tipos de características de género asociadas.

### **1.3.3.- La concordancia de género y de número en el español**

La concordancia es una relación entre al menos dos palabras que se establece con la repetición de uno de los morfemas de género, de número o de persona de cada una de ellas, y que sirve fundamentalmente para relacionar e identificar léxica y sintácticamente las palabras concordantes. Por ejemplo, se establecen relaciones de concordancia entre artículos y adjetivos con sustantivos, pronombres con sustantivos, y verbos con sustantivos o pronombres.

Por lo tanto, las reglas de concordancia se sirven de las flexiones para establecer vínculos entre distintos elementos de la oración, determinándose los diferentes grupos que constituyen la estructura sintáctica de la frase. Si tomamos la frase “ el gato blanco estaba en la ventana”, las palabras que forman el sintagma nominal (“el gato blanco”) tienen que concordar entre sí en género y en número, y a su vez han de concordar en número y en persona con el verbo (“estaba”), mientras que “ventana” no tiene que concordar con el resto de elementos. De esta manera podemos decir que las

relaciones de concordancia dirigen la interpretación y la especificación semántica, función que se hace más patente si consideramos frases más complejas como “Los gatos pardos, mis hijas es que los aborrecen”.

La concordancia puede ser contemplada también como una función semántica. Por ejemplo, una transgresión de la concordancia como “el gata blanco” puede interpretarse como un violación de la regla sintáctica que exige la reiteración de los morfemas, o como un error en la elección del sexo del gato. Esto ha llevado a que, aunque la mayoría de las gramáticas han considerado la concordancia como parte del sistema sintáctico (p.ej. Chomsky, 1986), algunas propuestas la han considerado también como una función semántica del discurso (Reid, 1991).

En algunos casos, la variación de la concordancia puede modificar directamente el significado de una frase aún cuando no se produzcan trasgresiones estructurales, como sucede en la frase “él la dejó *preocupado*” cuando se la compara con “él la dejó *preocupada*”.

En general, podemos decir que existe concordancia cuando el cambio de un morfema por otro opuesto de la misma categoría provoca necesariamente el mismo cambio en otra u otras palabras del enunciado. La concordancia cumple la función de agrupar palabras para unificar e integrar sus contenidos léxicos. De esta manera, y en lo que se refiere a la comprensión del lenguaje, la concordancia puede incrementar la cohesión de la frase, puede facilitar el reconocimiento de determinadas palabras, y en el nivel del discurso puede determinar antecedentes.

La concordancia, aún siendo una relación fundamental y básica en la construcción sintáctica, no afecta a todos los tipos de palabras. Tal es el caso de los adverbios y el gerundio, o del de los sustantivos cuando cumplen cualquier función excepto la de sujeto (e incluso en este caso existen excepciones). Para que pueda darse la concordancia es necesaria la presencia de al menos una palabra morfológicamente variable. Esta palabra será la que en rigor concuerde con otras que presenten el morfema que se reitera, aunque estas últimas pueden presentarlo de forma fija o variable, es decir, asociado o no al contenido léxico.

En cualquier caso, la definición de concordancia no considera la direccionalidad u orientación de las relaciones que se establecen. Sin embargo, en frases como “el faro es alto”, se puede considerar una cierta jerarquía implícita al decir que “alto” concuerda con “faro”. Por lo tanto, se puede aceptar que en algunos casos se parte de una de las palabras concordantes para encontrarle su destino en la otra. Aunque estas jerarquías entre las palabras concordantes pueden establecerse atendiendo a sus rasgos morfológicos (variabilidad), sintácticos (categoría) o a sus correlatos semánticos.

Por otro lado, para que se dé la concordancia no basta con que aparezcan en un enunciado palabras con capacidad para concordar entre sí. Es imprescindible además que esas palabras encajen en una estructura en la que la concordancia sea un componente definitorio e imprescindible. En caso contrario, se hablaría de mera “coincidencia”. Por ejemplo, en la frase “la gata estaba en la ventana” existe concordancia entre “la” y “gata”, pero sólo coincidencia entre “la gata” y “ventana”. Por lo tanto, el resultado de la ruptura de la concordancia siempre tiene que producir oraciones agramaticales. Como veremos más adelante, en nuestra investigación utilizaremos esta característica de la concordancia para estudiar los efectos de la agramaticalidad durante la lectura.

Aunque no vamos a profundizar en ellas, hay que señalar que en español existen algunas excepciones a las reglas de concordancia, como por ejemplo los enunciados que implican singulares colectivos. Este es el caso de la concordancia conocida como *ad sensum*, el la que se produce una disociación entre el sujeto léxico y el morfológico para mantener la continuidad del sentido (p.ej. “la mayoría de los alumnos aprobaron el examen”).

Otro aspecto a tener en cuenta de la concordancia es que en ocasiones la repetición del contenido de dos unidades morfológicas que establecen la relación de concordancia, coincide también con la repetición de sus representaciones fonéticas o gráficas. Sin embargo, la repetición fonética y gráfica, ni es necesaria, ni es suficiente para establecer la concordancia gramatical.

Aunque la concordancia existe en otras lenguas cercanas como el inglés, no parece tener en ellas tanta importancia como la que posee en el español o en otras

lenguas romances. Esto puede deberse a que las variaciones morfológicas pueden ser más escasas, o también a que su función de integración puede estar limitada dentro de un orden más rígido de las palabras.

Hasta aquí hemos considerado conjuntamente los diferentes tipos de concordancia que se dan en nuestra lengua. A continuación, analizaremos las posibles diferencias que pueden existir entre la concordancia de género y la de número.

Según algunos autores (p.ej. Abney, 1987), los sintagmas nominales son considerados como proyecciones de un nivel sintáctico superior, el cual sería el sintagma determinante, de manera que entre el sintagma nominal y el sintagma determinante podrían existir otros núcleos funcionales.

El que una característica sea considerada como un núcleo sintáctico supone que es representada de forma independiente en el léxico y, por lo tanto, es asignada sintácticamente al nombre, por medio del movimiento de éste a la posición que corresponde al núcleo de la característica en cuestión.

Además, el hecho de que una característica sea considerada como un núcleo sintáctico le concede también “visibilidad sintáctica”. Es decir, implica que dicha característica esté disponible al componente sintáctico del lenguaje para todas las operaciones, como el movimiento, la concordancia, los procesos de coreferencia, etc.

Para que una característica esté representada de forma independiente en el léxico tiene que tener contenido semántico. Por lo tanto, es importante que esta característica pueda variar.

El número cumple con los requisitos de poseer variabilidad y contenido semántico, por lo que puede ser considerado como un núcleo sintáctico. De esta manera, algunos autores al tratar la estructura del sintagma determinante, consideran al número como el núcleo de una representación independiente (sintagma de número) situado entre el determinante y el nombre (Ritter, 1988).

Por el contrario, en el caso del género estas características pueden darse o no. Tal y como hemos visto anteriormente, existen palabras con género variable y otras con género fijo, del mismo modo que existen palabras con contenido semántico y otras cuyo género es de asignación arbitraria.

El género, cuando no es semántico, es una característica del nombre y no puede ser seleccionada del léxico independientemente del resto de sus características. Por otro lado, cuando el género es fijo no puede constituir un núcleo con su propia proyección en la sintaxis.

Las palabras con género semántico y variable podrían tener su propia proyección, tal y como ocurre con el número. Sin embargo, si esto fuera así, el hecho de que en muchas lenguas, como es el caso del español, coexistan los diferentes tipos de género, llevaría a que la estructura del sintagma nominal estaría determinada por factores léxicos, lo cual no es deseable desde el punto de vista sintáctico.

Por esta razón, se han planteado dos propuestas opuestas en relación con el género:

A) Que el género sea una característica léxica de la raíz del nombre y por lo tanto aparezca en todos los niveles de representación sintáctica (Harris, 1991).

B) Que el género se proyecte sobre una categoría sintáctica funcional (sintagma de género), situada entre el sintagma de número y el sintagma nominal (Picallo, 1991).

Otros autores (Ritter, 1993; Di Domenico, 1995) han propuesto modelos que tratan de reconciliar estas dos propuestas. Según estos modelos, la estructura del sintagma determinante es siempre la misma, esto es, el género nunca puede ser un núcleo sintáctico. De este modo, el género se proyecta en la sintaxis, o bien con el número (cuando es variable), o bien con el nombre (cuando es fijo) en sus respectivas representaciones. En la figura 1.1 se esquematiza la estructura del sintagma determinante según estos modelos y el lugar que ocuparía el género según sea fijo o variable.

La principal consecuencia de estos modelos de cara a los procesos de comprensión es que si el género no puede ser un núcleo, entonces no puede ser visible para el procesador sintáctico. Como veremos a continuación, ésta es la postura que defienden algunos autores y ha sido apoyada por algunos datos empíricos.

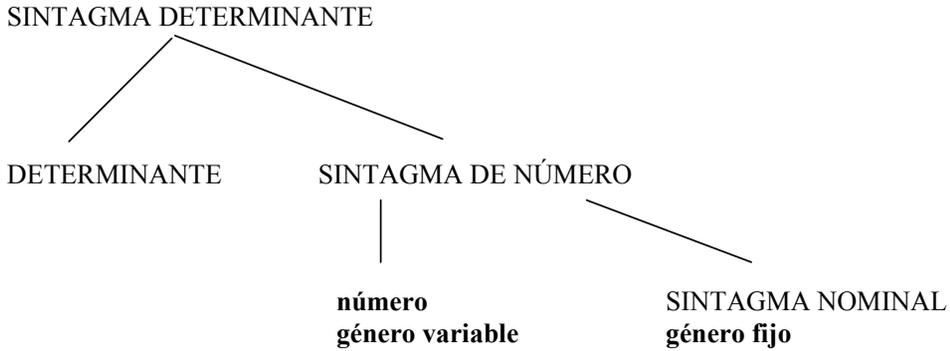


Figura 1.1 Estructura del sintagma determinante en la que se especifican las diferentes proyecciones del género y del número.

#### 1.3.4.- Procesos de concordancia de género y de número

Tal y como hemos señalado, algunos modelos lingüísticos han señalado diferencias entre los atributos de género y los de número. Estas distinciones se han realizado, por un lado, en relación con la morfología de las palabras y su conexión con el campo semántico, y por otro lado, en relación con el papel que juegan las relaciones de concordancia en las diferentes estructuras sintácticas. Como consecuencia, diversos trabajos en psicolingüística han estudiado las implicaciones de estas diferencias formales en los procesos cognitivos relacionados con el lenguaje. Estos trabajos han estudiado, bajo distintas circunstancias, el papel de la concordancia gramatical de género y de número en el análisis sintáctico, tanto en los procesos de comprensión como en los de producción del lenguaje.

El procesamiento de la concordancia de género y de número ha sido estudiado en pares de palabras presentados de forma aislada, aprovechando los efectos del *priming* gramatical (Lukatela, Kostic, Todorovic, Carello y Turvey, 1987; Colé y Seguí, 1994; Faussart, Jakubowicz y Costes, 1999). El efecto de *priming* gramatical consiste en que una palabra es reconocida más rápidamente cuando va precedida de otra palabra con la que concuerda gramaticalmente que cuando se precede de una palabra con la que no concuerda (Goodman, McClelland y Gibbs, 1981).

Antes de describir los resultados de estos trabajos, es importante considerar brevemente una cuestión importante en relación con el efecto del *priming* gramatical, esto es, el momento en que tiene lugar dicho efecto y a qué procesos afecta. Dentro de los procesos relacionados con el análisis de las palabras se han diferenciado dos tipos: los procesos preléxicos y los postléxicos. Como procesos preléxicos se entienden aquellos procesos de decodificación que tienen como resultado la identificación (reconocimiento) de una señal como una palabra particular. Los procesos postléxicos, por otro lado, incluyen procesos de selección, elaboración e integración de la información léxica con el propósito de comprender una frase o un discurso. Algunos modelos proponen que en los procesos preléxicos la información sintáctica y la semántica son procesadas por separado y sin influirse mutuamente (Forster, 1979). Si se acepta esta autonomía inicial de los procesos sintácticos y semánticos, los efectos del *priming* gramatical sobre los tiempos de reconocimiento de las palabras *target* sólo podrían tener lugar durante los procesos postléxicos, ya que en la tarea de decisión léxica la información sintáctica precedente no debería influir en el reconocimiento de la palabra. Por el contrario, otros modelos consideran que el reconocimiento de una palabra es el resultado de procesos de activación-inhibición de múltiples candidatos activados inicialmente por la señal de entrada. Para estos modelos, la información proporcionada por el contexto, tanto semántica como sintáctica, puede restringir el número de candidatos a activar y/o facilitar su posterior inhibición (Marslen-Wilson y Tyler, 1987; Marslen-Wilson, 1993), por lo que el efecto del *priming* gramatical podría ser preléxico. Para contrastar estas posturas contrapuestas, Seidenberg, Walters, Sanders y Langer (1984) compararon el *priming* gramatical con el asociativo y el semántico, utilizando la tarea de decisión léxica y la de nombrado, y además, manipularon aspectos del material como la proporción de pares relacionados y no relacionados<sup>22</sup>. Atendiendo a sus resultados, estos autores concluyeron que sólo los *priming* asociativo y semántico facilitan la decodificación de las palabras *targets*, mientras que el *priming* gramatical se debe a efectos postléxicos.

---

<sup>22</sup> La tarea de nombrado no se ve afectada por los procesos postléxicos, mientras que la decisión léxica sí (West y Stanovich, 1982). Por otro lado, la proporción de pares relacionados afectaría a la forma en que se resuelve la tarea y por lo tanto a los procesos postléxicos (Neely, 1991).

Lukatela et al. (1987), en experimentos realizados con hablantes de serbo-croata (idioma con una morfología flexiva muy rica), compararon el efecto de *priming* gramatical en pares que no concordaban en género, no concordaban en número o no lo hacían ni en género ni en número. Los sujetos mostraron tiempos de reconocimiento más largos para todas las condiciones de no concordancia respecto a la condición de concordancia. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre la condición de violación de género y la de número, ni entre estas condiciones por separado y la que incluía la doble violación de género y número. La conclusión de los autores es que el procesador sintáctico se comporta de manera binaria, es decir, sólo necesita detectar el hecho de que haya o no haya congruencia gramatical.

Un resultado similar fue obtenido por Colé y Segui (1994) en francés. Aunque el objetivo principal de su investigación fue el de estudiar el efecto del tipo de vocabulario en el *priming* gramatical, en sus experimentos incluyeron pares que no concordaban en género o no lo hacían en número. En ninguno de los experimentos en los que consideraron la no concordancia de género y la de número por separado obtuvieron diferencias entre estas condiciones, ni interacciones con el tipo de vocabulario<sup>23</sup>.

En contra de estos resultados, Faussart et al. (1999) encontraron diferencias entre el procesamiento del género y el del número en experimentos realizados en francés y en español. Con la misma tarea de decisión léxica en pares de palabras pero con presentación auditiva, encontraron una interacción<sup>24</sup> entre la relación gramatical (congruente/incongruente) y el tipo de violación (género/número), siendo la violación de género más disruptiva que la de número. Este resultado se produjo sólo en el experimento realizado en español, ya que en francés el número se marca ortográficamente pero no fonológicamente. El efecto se explica, según los autores, considerando al género como una propiedad inherente de la raíz. De esta manera, ante la detección de la inconsistencia gramatical el procesador tendrá que comprobar los

---

<sup>23</sup> Hay que señalar que los efectos más importantes del tipo de vocabulario se obtuvieron en el experimento 4 con el SOA más corto, y precisamente en este experimento no se consideraron las condiciones de no concordancia de género y de número por separado.

<sup>24</sup> El diseño incluyó la variable congruencia-incongruencia como factor intrasujeto y la variable género-número como factor intersujeto.

procesos de acceso léxico. Por el contrario, la comprobación de la concordancia de número puede ser realizada directamente sobre la representación sintáctica sin necesidad de repetir la identificación léxica. Esta propuesta la plantean basándose en el modelo de Bradley y Forster (1987) sobre recuperación léxica. Según este modelo, el proceso por el que se recupera la palabra *target* pasa por tres etapas o procesos: acceso al léxico, reconocimiento e integración. El primer paso sería el proceso por el cual se localiza la entrada léxica correcta y se realiza la identificación léxica. En el segundo momento se accede al contenido relevante de esa entrada léxica, es decir, a la información semántica, a la categoría gramatical o a la información morfológica. Finalmente, el tercer estadio incluiría todos los procesos posléxicos de integración con el contexto. Según este modelo, el establecimiento de la concordancia gramatical tendría lugar en esta última fase. Según Faussart et al. (1999) si falla el proceso de integración que trata de establecer la concordancia de género, el sistema tendrá que comprobar que no se eligió la entrada equivocada por lo que habrá que retornar al estadio de identificación léxica. Esto tendría que suceder así, si se acepta que el género es una característica inherente a la raíz, tal y como propone Harris (1991). Pero por el contrario, el número no es considerado una característica inherente a la raíz, por lo que en el caso de detectarse la no concordancia de número, el procesador sólo tendría que revisar los procesos finales de reconocimiento y evaluación sin retornar a los procesos iniciales de acceso léxico. El diferente coste que supone el retomar una o las dos etapas del proceso de recuperación léxica explicaría los diferentes tiempos empleados por el procesador cuando detecta una inconsistencia de género o de número.

En la figura 1.2 se puede ver un esquema del modelo de reanálisis propuesto por Faussart et al. (1999).

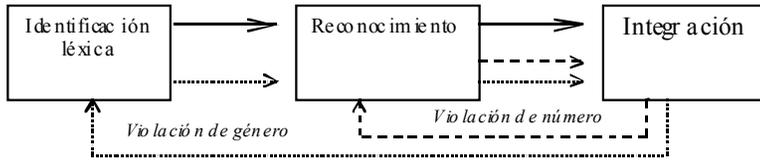


Figura 1.2. Diagrama de flujo que representa los diferentes procesos de reanálisis desencadenados por las violaciones de género y de número según Faussart et al. (1999).

La principal diferencia del experimento de Faussart et al. (1999) respecto a los de Lukatela et al. (1987), y Colé y Seguí (1994), es que este experimento utilizó la modalidad auditiva frente a la visual que emplearon los anteriores. Sin embargo, los autores de la investigación no aportan ninguna explicación de cómo esta diferencia pudo influir en los diferentes resultados encontrados. Por otro lado, hay que añadir que hubiera sido deseable que el diseño de Faussart et al. hubiera manipulado ambos tipos de violaciones como una variable intrasujeto.

De Vincenzi (De Vincenzi, 1999; De Vincenzi y Di Domenico; 1999) ha estudiado el uso de la información morfológica en los mecanismos de resolución de pronombres en italiano. Ha encontrado que mientras tanto género como número son usados para reactivar un antecedente al final de una frase, sólo la información de número reactiva al antecedente en una posición interna de la frase. Datos similares han sido descritos en inglés (Nicol, 1988). Sin embargo, los experimentos de De Vincenzi deben ser interpretados con cautela, ya que sólo se encuentran efectos de reactivación cuando la palabra *target* es presentada 1000 ms después de la presentación del pronombre (pero no a los 500 ms), por lo que los resultados pueden deberse a diferentes estrategias aplicadas por los sujetos en ese tiempo. Para explicar las diferencias en el uso de la información de género y de número, la autora se apoya en los modelos seriales sobre el procesamiento del lenguaje (Frazier, 1987). Estos modelos sostienen que la construcción de las representaciones estructurales se realiza inicialmente empleándose sólo la información relevante para el análisis sintáctico. Esto supone que en este primer paso sólo se computan aquellas características que poseen proyecciones

autónomas en la sintaxis. De esta manera si, como hemos visto, sólo el número puede constituir un núcleo en una representación autónoma, sólo el número podría ser utilizado a este nivel para establecer la coreferencia entre pronombre y nombre. Por el contrario, la información de género, que no posee entidad propia dentro de la estructura sintáctica, sería considerada en un estadio posterior, en el que se tendría en cuenta la información léxica y semántica.

Otros datos, que indican que la información morfológica de género y de número pueden ser tratadas de distinta forma por los sistemas de cómputo del lenguaje, han sido aportados por estudios sobre la producción de lenguaje.

Igoa, García-Albea y Sánchez-Casas (1999), en un análisis de errores de producción, encontraron que los errores de intercambio mayoritariamente afectaban a los sufijos de número, rara vez a los de número y género simultáneamente, y nunca a los de género solos. Estos autores concluyen que la asignación de las marcas de número se produce durante el proceso de construcción del sintagma. La especificación de la posición de la forma léxica, de acuerdo con el modelo de Garret (1980), es parte del proceso de planificación de la frase. Por el contrario, el género, al estar unido a la raíz tiende a moverse con ella, por lo que el proceso de asignación de marcas de género estaría asociado a los procesos de recuperación de las palabras.

Carreiras y Meseguer (enviado) también aportan datos que apoyan la autonomía entre los procesos relacionados con la concordancia de género y la de número. En uno de sus experimentos, le pidieron a los sujetos que completaran inicios de frases del tipo “la etiqueta de la botella ...”, añadiéndoles un verbo y un adjetivo. Los participantes cometieron más errores de concordancia cuando el segundo de los sustantivos no concordaba en género o en número con el primero ( p.ej. “la etiqueta de las botellas ...”). Es decir, el verbo (o el adjetivo en el caso del género) tomaba el número (o el género) del sustantivo más cercano, y no el del núcleo del sintagma. Estos datos replicaron en parte experimentos previos realizados sobre la concordancia de número en inglés y español (Vigliocco, Butterworth, & Garrett, 1996) y sobre la de género en francés e italiano (Vigliocco y Franck, 1999). Sin embargo, un aspecto importante de la investigación de Carreiras y Meseguer es que los errores de género y los de número no interactuaron, es decir, se produjeron muy pocos errores mixtos de

género y número. En un segundo experimento, se estudiaron estos efectos en relación con la comprensión. Se registraron los movimientos oculares de los sujetos mientras leían los mismos preámbulos seguidos de un verbo copulativo y un adjetivo. El adjetivo siempre concordaba con el primer sustantivo y el segundo sustantivo concordaba o no con el primero. Los resultados mostraron que la no concordancia entre los sustantivos aumentó los tiempos de lectura en la región del verbo y en las regiones posteriores. Esto ocurrió tanto para la no concordancia de género, como para la de número, pero la no concordancia en número fue más disruptiva y se encontró en medidas más tempranas que la de género. Por lo tanto, atendiendo a estos resultados, los autores concluyen que los efectos de la interferencia de la no concordancia local no son exclusivos de la producción, sino que también se producen durante los procesos de comprensión, y además de forma diferente según se manipule la concordancia de género o la de número.

Finalmente, es importante destacar que existen diferentes investigaciones que apuntan a que los procesos relacionados con el establecimiento de la concordancia pueden estar determinados por la morfología de las diferentes lenguas. Por ejemplo, en tareas de interferencia imagen-palabra se han encontrado diferencias entre distintos tipos de lenguas. Esta tarea consiste en pedirle al participante que nombre una imagen que se presenta junto con una palabra que puede estar relacionada o no con la imagen. Si existe relación semántica, se produce un efecto de interferencia, y si la relación es fonológica, de facilitación. Shriefer (1993) encontró que los tiempos de nombrado eran mayores cuando la imagen y el distractor tenían diferente género en una tarea en la que los sujetos debían formar un sintagma nominal, esto es, un determinante más el sustantivo a nombrar. Por otro lado, este efecto de la congruencia de género no se observa en lenguas como el italiano, el español o el catalán (Miozzo y Caramazza, 1999; Costa, Sebastian-Galles, Miozzo, & Caramazza, 1999). En estas lenguas, la forma del determinante también depende de las características fonológicas de la palabra a la que precede<sup>25</sup>. A este tipo de lenguas Miozzo y Caramazza (1999) las denominan “lenguas de selección tardía del determinante”, ya que en ellas, a la hora de seleccionar el

---

<sup>25</sup> Por ejemplo, en español el artículo “el” antecede a palabras de género femenino como “águila” que comienzan con una “a-“ acentuada.

determinante hay que tener en cuenta también la información fonológica del contexto, lo que obliga a que la elección se realice más tarde que en otras lenguas. Atendiendo a este tipo de resultados, resulta especialmente importante que los estudios sobre procesos relacionados con la concordancia se realicen en diferentes lenguas.

### **PREs y concordancia gramatical**

La técnica de PREs ha sido utilizada en algunas investigaciones sobre el procesamiento de la concordancia gramatical. Su carácter multidimensional y su excelente resolución temporal hacen que esta técnica sea especialmente adecuada para estudiar cuándo y cómo se establecen las relaciones de concordancia durante la lectura. A continuación revisaremos algunos de estos trabajos.

Inicialmente, dos trabajos pioneros mostraron efectos opuestos de la trasgresión de la concordancia gramatical de número. Por un lado, Kutas y Hillyard (1983) encontraron un aumento de la negatividad entre los 200 y 500 ms en zonas anteriores como respuesta a la lectura de errores de concordancia de número entre el sujeto y el verbo de una frase. Por otro lado, Hagoort et al. (1993) ante el mismo tipo de violación describieron un efecto del tipo P600/SPS. Al margen de que el primer trabajo se realizó en inglés y el segundo en holandés (idiomas con sistemas morfológicos diferentes), hay que destacar que en el experimento de Kutas y Hillyard (1983) sólo se analizaron los primeros 600 ms, por lo que los efectos sobre la P600 pudieron quedar oscurecidos.

Para resolver esta aparente contradicción Osterhout y Mobley (1995) compararon nuevamente violaciones de la concordancia de número entre el nombre y el verbo, entre un pronombre reflexivo y su antecedente, y entre un pronombre personal y su antecedente. En los tres casos las palabras que no respetaron las reglas de concordancia produjeron un aumento de la P600. Sólo en el caso de la concordancia nombre-verbo se encontró un efecto adicional del tipo LAN. Todos los efectos ocurrieron tanto cuando los sujetos realizaban una tarea de juicio gramatical como cuando simplemente leían las frases. Especialmente relevante de cara a nuestra investigación es el hecho de que en estos experimentos también se manipularon los

pronombres para producir trasgresiones de la concordancia de género. En ningún caso los efectos de las violaciones de género fueron diferentes de los de número.

En un trabajo posterior, también en inglés, Osterhout, Bersick y McLaughlin (1997) analizaron el efecto de los estereotipos sociales de género. La violación de la concordancia de género mostró efectos sobre la P600 incluso cuando el género del sujeto no era explícito sino inferido a partir de un estereotipo (p.ej. *The doctor prepared herself...*). Los autores proponen que la concordancia de género es procesada sintácticamente y que incluso el género estereotípico está codificado en la representación de algunas palabras.

Una característica de estos últimos trabajos que se han ocupado de la concordancia de género en inglés, es que se ven obligados a tratar exclusivamente con el género semántico, analizando sus efectos sobre pronombres reflexivos o personales. Por esta razón, recientemente el estudio del género sintáctico se ha centrado en lenguas en las que este tipo de género tiene un papel relevante.

Hagoort y Brown (1999) analizaron la naturaleza del procesamiento del género sintáctico en holandés, manipulando la concordancia entre el artículo y el nombre de un sintagma nominal. Se parte de la lógica de que un procesamiento de aspectos léxico-semánticos debe producir variaciones en el componente N400, mientras que un procesamiento sintáctico producirá un efecto P600. Los resultados muestran un efecto en el componente P600 cuando la violación se produce a mitad de frase y un complejo N400-P600 cuando ocurre al final de frase. Hagoort y Brown concluyen que el procesamiento de la información de la concordancia de género no es un proceso dirigido por el contenido, sino por la forma sintáctica, confirmando así los datos obtenidos en inglés con género semántico. El efecto N400 registrado al final de frase sería el reflejo de las repercusiones de la incongruencia sintáctica sobre los procesos de cierre que tienen lugar en esta posición, es decir, factores de integración global de la frase o relacionados con la toma de decisión de cara a la respuesta.

Otros trabajos han tratado de esclarecer hasta qué punto los efectos sintácticos de la no concordancia de género pueden interactuar con la información semántica. Hagoort y Brown (1997) incluyeron en un mismo experimento incongruencias

semánticas y violaciones de la concordancia de género, sin encontrar interacciones entre la P600 y la N400. Por otro lado, Gunter et al. (2000) también manipularon en un mismo diseño experimental la probabilidad de aparición de un target (*Cloze probability*) y la concordancia de género del mismo. La no concordancia de género produjo el efecto P600 precedido por un efecto del tipo LAN, mientras que la manipulación semántica produjo el clásico efecto N400. Los efectos semántico y sintáctico fueron independientes tanto en el caso de la N400 como en el de la LAN. Sin embargo, se registró una interacción entre ambas manipulaciones en el caso de la P600, ya que este componente sólo aumentó su amplitud en las palabras altamente predecibles que violaban la concordancia de género. Los autores concluyen que la información sintáctica y semántica son procesadas de forma autónoma en un primer momento, pero que ambos tipos de información interactúan en un segundo momento. Una diferencia importante entre el trabajo de Hagoort y Brown (1997) y el de Gunter et al. (2000) es que, mientras que uno presentó violaciones semánticas, el otro manipuló la variable semántica sin producir frases incongruentes. Además, aunque ambos diseños manipulan la concordancia de género entre un artículo y un nombre, en el primer caso se presenta un adjetivo prenominal entre ellos, mientras que en el segundo la relación se produce entre elementos adyacentes. Por lo tanto, es posible que puedan existir diferencias entre los procesos que establecen la concordancia de manera local respecto a los que lo hacen de manera global.

Al margen de los resultados concretos de cada uno de estos estudios, otro dato llamativo es que los trabajos sobre la concordancia en género o número realizados en inglés y en holandés no han encontrados efectos del tipo LAN (exceptuando la concordancia de número entre sujeto y verbo), mientras que el trabajo de Gunter et al. (2000), que se realizó en alemán, sí describe este efecto para la violación de la concordancia de género. La razón puede estar, o bien en los diferentes diseños utilizados, o bien en el diferente impacto que la no concordancia puede tener en las distintas lenguas. Como se indicó anteriormente, la morfología de género de los nombres en inglés es prácticamente inexistente. En cuanto al holandés, este idioma posee dos tipos de género: el género común y el género neutro. Existen diferentes formas para los determinantes según su género (*de* o *het*), sin embargo, los nombres no

presentan marcas morfológicas explícitas que definan su género, sino que ésta es una característica sintáctica asociada a cada palabra (Van Berkum, 1996). Por esta razón, la violación de la concordancia de género en holandés no lleva aparejada una violación de tipo morfosintáctico o de la estructura de la frase, y es con este tipo de violaciones con las que se han relacionado los efectos de la LAN (Friederici, Hahne y Mecklinger, 1996). Por el contrario, el alemán sí presenta marcas morfológicas de género en los nombres, por lo que cuando no se respeta la concordancia se violan al mismo tiempo reglas de concordancia morfosintácticas, y esto puede tener un impacto directo en la formación de la estructura de la frase. En este sentido, en español, que en cuanto a su morfología es una lengua más parecida al alemán que al holandés, sólo se ha publicado un trabajo que indirectamente estudia un caso específico de relaciones de concordancia de género (en cláusulas de infinitivo). Los resultados muestran una negatividad anterior izquierda seguida de una positividad posterior. Lamentablemente por razones de diseño resulta difícil determinar la latencia de estos efectos en relación al inicio de la presentación de la palabra clave. Sin embargo, los autores sugieren que se trata de la LAN y P600 respectivamente (Demestre, Meltzer, García-albea y Vigil, 1999). Por lo tanto, y aunque será necesario obtener datos más claros en español, es posible que el establecimiento de la concordancia gramatical juegue un papel diferente según la lengua. Si esto es así, el alemán o las lenguas romances como el español serán lenguas especialmente indicadas para estudiar estos procesos.

Münste y Heinze (1994) realizaron en una serie de experimentos en los que se analizó el efecto de la concordancia gramatical en pares de palabras presentados de forma aislada (ver también Münste, Heinze y Mangun, 1993). Entre otros tipos de violaciones sintácticas, se manipuló la concordancia de género en pares formados por un artículo seguido de un nombre. Los efectos morfosintácticos se compararon con otros efectos de tipo fonológico o semántico. Además, los experimentos se realizaron en varios idiomas (alemán, inglés y finlandés) y con distintas tareas (juicio gramatical, decisión léxica y búsqueda de letras). Los resultados muestran que tanto la no concordancia gramatical como los errores en la flexión de verbos produjeron negatividades con distribución anterior, y que estos efectos parecen reflejar procesos relativamente automáticos, ya que cualitativamente se dan independientemente de la

tarea. Los autores señalan la similitud de estas negatividades con aquéllas encontradas en contextos de frases y denominadas como efectos del tipo LAN. Por el contrario, los efectos producidos por las relaciones de tipo fonológico o semántico produjeron las típicas negatividades con distribución posterior. A partir de estos trabajos se puede extraer la conclusión de que la manipulación de pares de palabras en combinación con el análisis de PREs puede ser un método válido para el estudio de los procesos implicados en el procesamiento de la concordancia gramatical.

Finalmente, cabe destacar que sólo un trabajo, realizado en holandés, ha comparado directamente los efectos en los PREs de la no concordancia del género sintáctico con los de la no concordancia de número (Van Berkum, Hagoort y Brown, 2000). En este estudio, ambos tipos de violaciones producen un aumento de la amplitud de la P600. Sin embargo, y dado que este trabajo aún no ha sido publicado, algunos detalles de este experimento no han sido descritos en profundidad. Por ejemplo, las gráficas presentadas por los autores muestran indicios del efecto LAN que no fueron significativos, y el efecto sobre la P600 parece ser de diferente magnitud según el tipo de violación, aunque esta diferencia tampoco fue señalada como estadísticamente significativa.

Otro experimento también en holandés (Bastiaansen, Van Berkum y Hagoort, 2001) hizo la misma comparación entre la lectura de violaciones de género y de número, pero en este caso utilizando la técnica de análisis del EEG conocida como IBP (Induced Band Power)<sup>26</sup>. Durante la lectura de las frases se produjo un incremento de la potencia de la frecuencia  $\theta$  que puede indicar un aumento de la carga de la memoria de trabajo, mientras que la banda  $\alpha$  no se vio afectada<sup>27</sup>. Además, estos cambios presentaron diferencias cualitativas en su distribución sobre el cuero cabelludo entre los segmentos

---

<sup>26</sup> Esta técnica analiza cambios en el EEG asociados a eventos discretos, pero a diferencia de los PREs el análisis se realiza en el dominio de la frecuencia. Por lo tanto, la información que aportan estos análisis es complementaria y no redundante respecto a los datos de los PREs. La reactividad de frecuencias específicas en el EEG se ha relacionado con cambios en los parámetros que controlan las interacciones dinámicas entre estructuras corticales y subcorticales (Pfurtscheller y Lopes da Silva, 1999). De esta manera esta técnica ha sido utilizada en el estudio de los procesos de comprensión del lenguaje (Rhom, Klimesch, Haider y Doppelmayr, 2001).

<sup>27</sup> La frecuencia del ritmo  $\alpha$  se ha relacionado con la actividad de circuitos tálamo-corticales, mientras que el ritmo  $\theta$  puede reflejar la actividad de circuitos cortico-subcorticales que implican al hipocampo (Klimesch, 1999).

asociados a las violaciones de género y los de las violaciones de número. Aunque cualquier interpretación funcional sobre estos datos puede ser prematura, esta técnica se ha mostrado sensible a diferencias en el procesamiento que no fueron detectadas con el mismo material y diseño con la técnica de PREs (Van Berkum, Hagoort y Brown, 2000).

En resumen, a pesar de que la técnica de PREs parece especialmente indicada para estudiar las diferencias en el procesamiento de la concordancia de género y la de número, los datos disponibles hasta el momento son escasos y en ocasiones contradictorios, obtenidos en diferentes lenguas y con diferentes procedimientos. Esto nos ha llevado al planteamiento de la presente investigación, en la que se estudia el procesamiento de ambos tipos de concordancia bajo las mismas circunstancias y en español, una lengua en la que la concordancia gramatical posee un papel relevante en su estructura sintáctica.

## **2.- OBJETIVOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

Podemos concluir de lo dicho hasta aquí que la morfología de las palabras es un aspecto importante en el procesamiento de las mismas y juega un papel relevante en la construcción de la estructura sintáctica al determinar relaciones de concordancia entre los diferentes elementos de una frase. Algunos modelos en lingüística y datos en psicolingüística apuntan a que las características de género y número tienen funciones diferentes en estos procesos (Domínguez et al., 1999; Faussart et al., 1999; De Vincenzi, 1999; Igoa et al., 1999; Carreiras y Meseguer, enviado), aunque estos datos han sido obtenidos desde perspectivas muy dispares, con métodos muy distintos y aún no son suficientemente consistentes.

La técnica de PREs se ha mostrado en los últimos años como una herramienta útil para el estudio de los procesos de comprensión del lenguaje. Investigaciones previas han mostrado la sensibilidad de esta técnica el estudio del procesamiento de la concordancia gramatical (Osterhout y Mobley, 1995; Hagoort y Brown, 1999; Gunter et al., 2000). Los resultados encontrados en este tipo de estudios varían según se hayan hecho los experimentos con frases o con pares de palabras, y muestran ligeras variaciones según la lengua utilizada (Osterhout y Mobley, 1995; Hagoort y Brown, 1999; Gunter et al. et al., 2000; Münte y Heinze, 1994). Además, la única investigación que ha comparado directamente los efectos de la transgresión de concordancia en género frente a la de número se ha hecho en holandés (Van Berkum et al., 2000; Bastiaansen et al., 2001), idioma que, como se indicó anteriormente, posee unas características muy especiales en la morfología de género.

Por otro lado, algunos datos señalan que los procesos de integración gramatical pueden ser diferentes según el tipo de vocabulario implicado (Cole y Segui, 1994) y también pueden diferir según el lugar en el que se producen respecto al árbol sintáctico (Jakubowicz y Goldblum, 1995).

El objetivo general de este trabajo es, por lo tanto, estudiar los procesos cognitivos implicados en el procesamiento de la concordancia gramatical de género y de número durante la comprensión del lenguaje.

Se analizan fundamentalmente medidas de tipo electrofisiológico, utilizando la técnica de PREs. La variable dependiente analizada son las variaciones de voltaje registradas en el cuero cabelludo de personas durante la lectura. Esta variable dependiente es considerada en sus diferentes dimensiones: cambios de amplitud, evolución en el tiempo y distribución de los cambios en el espacio. Se estudia la relación de los patrones de actividad cerebral con las manipulaciones realizadas sobre el material lingüístico en las diferentes condiciones experimentales.

A continuación se exponen de forma esquemática los principales objetivos de la presente investigación:

1.- Se pretende mostrar la sensibilidad de los PREs a la detección de las violaciones de la concordancia gramatical durante la lectura en español. Se estudian los componentes que se modifican con dicha detección, prestando especial atención a los que ya han sido descritos en trabajos anteriores con otras lenguas, como la P600, las Negatividades Anteriores o la N400.

2.- Se analizan las posibles diferencias entre las ondas inducidas por violaciones de la concordancia de género y las que lo son por la violación de la concordancia de número. También se atiende a si ambos efectos pueden considerarse autónomos (aditivos) o si están relacionados entre sí.

3.- Los efectos de la no concordancia gramatical se analizan en dos situaciones diferentes: utilizando pares de palabras presentados de forma aislada o presentados en un contexto más natural de lectura de frases. Con esto se pretende profundizar en la naturaleza de los componentes tradicionalmente relacionados con el procesamiento lingüístico.

4.- En las violaciones de la concordancia gramatical presentadas en el contexto de frases, se comparan los efectos que producen las citadas violaciones en dos situaciones diferentes: cuando la violación se produce en el interior del sintagma determinante, frente a cuando la violación traspasa las fronteras de dicho sintagma.

5.- En el caso de la lectura de pares de palabras, se estudia si los efectos de la no concordancia gramatical difieren dependiendo de si las palabras implicadas son una

palabra función y una de contenido (que pueden constituir un sintagma determinante) o si son dos palabras de contenido (que no forman una unidad sintáctica por sí mismas).

Los resultados de estos cinco puntos son analizados a la luz de los diferentes modelos teóricos existentes en psicolingüística y se comentan sus implicaciones en los mismos.

Para alcanzar estos objetivos se han realizado dos experimentos que se detallan a continuación. En el primer experimento, se manipula la concordancia gramatical tanto de género como de número entre pares de palabras colocadas al inicio de frases o estableciendo relaciones a mayor distancia dentro de las frases, mientras que en el segundo experimento esta manipulación se realiza con las mismas palabras presentadas en forma de pares aislados que pueden concordar o no gramaticalmente entre ellas.

Antes de pasar a la descripción pormenorizada de cada experimento, en la siguiente sección se describen las pautas metodológicas comunes a los dos experimentos, así como algunas cuestiones acerca de la presentación de los datos en esta tesis.



### **3.- METODOLOGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.- PARTICIPANTES**

Todos los participantes realizaron el experimento de forma voluntaria. La participación fue desinteresada en unos casos y en otros casos los sujetos recibieron créditos académicos a cambio.

Solamente se seleccionaron personas que presentaron preferencia manual derecha. Para evaluar la preferencia manual los voluntarios cumplieron una versión reducida y traducida al español del Edimburgh Handedness Inventory (Odfield, 1971). Se aceptaron sólo personas diestras con un coeficiente de lateralidad (LQ) superior a 50. Adicionalmente los sujetos señalaron el número de familiares directos (padres o hermanos biológicos) con preferencia manual izquierda.

También se constató por medio de un autoinforme que los participantes no tenían ningún tipo de historia clínica relacionada con alteraciones neurológicas o psiquiátricas, y que no se les estaba siendo administrado ningún tratamiento con psicofármacos.

Asimismo, se comprobó que el español era su primera lengua y que no habían estado expuestos a una segunda lengua en sus primeros años de vida.

Los participantes presentaban visión normal o corregida. A las personas que habitualmente utilizaban lentes de contacto se les pidió que utilizaran gafas a la hora de realizar el experimento, ya que el uso de lentes de contacto suele producir una tasa de parpadeos mayor que la habitual.

Ninguno de los participantes conocían las hipótesis que se pretendían contrastar en los experimentos.

### **3.2.- APARATOS E INSTRUMENTOS DE REGISTRO**

El registro del EEG se realizó con un sistema desarrollado por la casa EGI (Electrical Geodesics Incorporated) en colaboración con la Universidad de Oregón. Este sistema utiliza una red geodésica de 129 sensores (Tucker, 1993).

La principal virtud de este sistema es la de realizar un exhaustivo muestreo espacial del EEG. En este sentido, existen estudios que señalan la conveniencia de un muestro espacial de al menos 128 posiciones (Srinivasan, Tucker y Murias, 1998).

La Red Geodésica de Sensores está compuesta por 130 electrodos, de los cuales uno es utilizado como electrodo de tierra aislada y otro se toma como electrodo de referencia. Cada uno de estos electrodos está cubierto por una esponja y encapsulado en un molde de plástico, el cual a su vez está integrado en una estructura de elastómeros de poliuretano. Esta estructura se configura según un fundamento geométrico basado en que cada par de electrodos se une entre sí por medio de su geodésica (distancia más corta entre dos puntos de la superficie de una esfera). Por lo tanto la red geodésica de sensores es un dispositivo para colocar sensores sobre el cuero cabelludo con una teselación icosaédrica del cráneo en la que los sensores están unidos sólo a través de sus geodésicas. La figura 3.1 muestra la estructura de la red y la localización de cada electrodo numerado. Puesto que la localización de electrodos más utilizada es la que sigue el sistema conocido como 10/20 (Jasper, 1958), en esta figura se señalan las equivalencias aproximadas con la localizaciones estándar de este sistema de localización.

Los electrodos hacen contacto con la piel por medio de las esponjas empapadas en electrolito. El electrolito utilizado consiste en una disolución compuesta por 1 l de agua destilada, 8.5 g de cloruro potásico y 3 ml de champú de la marca “Johnson para niños”. No se practican medidas adicionales de preparación o abrasión de la piel, por lo que se reduce considerablemente el tiempo empleado en la colocación de los electrodos.

Sin embargo, este sistema de colocación de los electrodos produce valores de impedancia inter-electrodo que no suelen ser inferiores a los 20-30 K $\Omega$ . Aunque estos valores son especialmente altos en comparación con los umbrales utilizados en otros sistemas, los amplificadores utilizados los compensa con una impedancia de entrada de

200 M $\Omega$ <sup>28</sup>. Por otro lado, estas impedancias hacen que los registros sean especialmente sensibles a los campos electromagnéticos externos (producidos por la red eléctrica, monitores, etc.) por lo que necesitan incorporar una tasa de rechazo de modo común adecuada<sup>29</sup>. La tasa de rechazo de modo común en los amplificadores utilizados es de 100 dB.

La conversión analógico/digital de la señal se realiza por medio de un convertidor A/D de 16 bits (National Instruments). Los valores de las muestras son leídos simultáneamente en todos los canales y mantenidos en *buffers* hasta que se realiza el *multiplexado* y la digitalización, evitando colas en el muestreo.

El programa Net Station permite el control de todos los parámetros del registro (calibración, filtrado analógico, tasa de muestreo...). Además, almacena el registro junto con los tiempos de presentación de los estímulos permitiendo la posterior segmentación y extracción de los registros asociados a la percepción de dichos estímulos. En nuestro laboratorio, este programa está implementado en un ordenador Macintosh con un procesador PowerPC 750 (300MHz) y sistema operativo Mac OS 8.0.

Para la presentación de los estímulos se utilizó el programa Electrophysiological Graphical Imaging System (EGIS), versión 2.2, desarrollado por el Brain Electrophysiology Laboratory (BEL) de la Universidad de Oregón, y otro ordenador Macintosh de las mismas características que el anterior. La sincronización entre los relojes de ambos ordenadores se realizó por medio del programa EGIS.

### 3.3.- PROTOCOLO DE REGISTRO

La señal fue registrada por los 128 electrodos de la red geodésica tomando como referencia el electrodo colocado sobre el vertex: el electrodo número 129 que coincide con la posición Cz del sistema 10/20 (ver figura 3.1).

---

<sup>28</sup> El valor de impedancia máximo de los electrodos debe ser al menos 100 veces menor que la impedancia de entrada de los amplificadores.

<sup>29</sup> El sistema de registro utiliza amplificadores diferenciales. De manera que la señales comunes a los electrodos de registro y de referencia son eliminadas reduciendo el ruido del registro. Esta cancelación es determinada por la tasa de rechazo de modo común (*common mode rejection*).

Los parpadeos y movimientos oculares fueron monitorizados por medio de seis electrodos colocados en la parte superior (8 y 26) e inferior (126 y 127) de cada canto ocular y a los lados de los mismos (125 y 128).

Al EEG se le aplicó un filtro pasa-banda de 0.01–100 Hz (con 3 dB de atenuación). Asimismo, para evitar interferencias producidas por las fuentes de alimentación y la red eléctrica se utilizó un filtro de cuña (*Notch filter*) sobre los 50 Hz.

Cada registro fue almacenado tras ser amplificado y digitalizado con un periodo de muestreo de 4 ms por punto (frecuencia de muestreo = 250 Hz).

### 3.4.- PROCEDIMIENTO

Para la colocación de la red, primero se tomaron medidas de la circunferencia de la cabeza (pasando por la Glabella y el Inion) de cada sujeto. Atendiendo a esta medida, se le asignaba uno de los tres tamaños de redes disponibles. Tras marcar el vertex del cráneo se colocó la red haciendo coincidir el electrodo 129 con este punto. Previamente a la colocación de la red, las esponjas que envuelven a los electrodos habían sido empapadas en el electrolito.

Tras la colocación de la red se ajustaron los electrodos, equiparando la tensión de todos los puntos de la red, apartando el pelo y mojando algunas esponjas, hasta que las medidas de impedancia en todos los electrodos fueron inferiores a los 30 K $\Omega$ . El proceso de colocación de los electrodos duró entre 20 y 30 minutos dependiendo del sujeto.

Como las impedancias en este sistema tienden a aumentar a medida que avanza la sesión de registro, en una pausa realizada a mitad del experimento se volvieron a medir y se corrigieron en los casos en que fue necesario. Al final del experimento se comprobó que estos valores no fueran superiores a los 40 K $\Omega$ .

Una vez colocados los electrodos los participantes se situaron en el interior de una cámara de Faraday con la luz atenuada. Se sentaron frente a un monitor de 17 pulgadas (Sony Multiscan 2206s), a una distancia aproximada de unos 70 cm.

Para ejecutar las respuestas en las diferentes tareas los sujetos dispusieron de un periférico con dos teclas. Las teclas fueron asignadas con las etiquetas de “sí” y “no”. La mitad de los sujetos respondieron al “sí” con el dedo pulgar de la mano derecha y al “no” con el dedo pulgar de la mano izquierda, y la otra mitad lo hicieron al contrario. Los sujetos se asignaron a una u otra forma de respuesta según el orden en que realizaron el experimento, respondiendo en una modalidad los pares y en otra los impares.

Se invitó a los sujetos a que estuvieran relajados en todo momento, evitasen movimientos innecesarios y parpadeos durante la lectura. Con este fin se les explicó el efecto de los movimientos musculares y en especial de los parpadeos sobre el EEG. Además, los participantes fueron monitorizados a lo largo de todas las sesiones de registro por medio de un circuito de televisión interno para detectar posibles movimientos u otras fuentes de artefactos.

Todas las palabras se presentaron en color negro sobre fondo gris y con el contraste del monitor atenuado.

Los estímulos se presentaron en orden pseudo-aleatorio en dos bloques. Entre bloque y bloque se realizó la pausa para ajustar los electrodos, la cual duraba entre 5 y 10 minutos y permitía al sujeto descansar de la tarea.

La señal del EEG, la secuencia de los estímulos y las respuestas de los sujetos fueron observadas por el experimentador en tiempo real a través de dos monitores situados en una habitación contigua a la de registro.

### **3.5.- ANÁLISIS**

Se analizaron y promediaron las porciones de EEG correspondientes a los 900 ms posteriores a la presentación de cada estímulo *target*. Se utilizaron los 100 ms anteriores a la presentación de los estímulos para realizar la normalización de los valores de amplitud.

Los estímulos se promediaron por separado para cada participante, para cada condición y para cada electrodo.

Se excluyeron del promedio los ensayos que presentaron artefactos por parpadeos o por movimientos oculares horizontales. Para la eliminación de artefactos por parpadeos y movimientos oculares verticales, se excluyeron aquellos ensayos en los que la diferencia de amplitud entre un electrodo ocular superior (8 ó 26) y su homólogo inferior (126 ó 127) era superior a los 70  $\mu\text{V}$ . Del mismo modo, para la eliminación de los artefactos por movimientos oculares horizontales, se excluyeron aquellos ensayos en los que la diferencia de amplitud entre los electrodos laterales (125 y 128) era superior a los 70  $\mu\text{V}$ .

Los segmentos que presentaron valores superiores a los 200  $\mu\text{V}$  también se consideraron contaminados por artefactos. Cuando un mismo segmento presentaba artefactos en 10 canales simultáneamente fue eliminado.

Por otro lado, cuando un electrodo alcanzaba un alto porcentaje de segmentos con artefactos (>10%), su valor era sustituido por el promedio de las puntuaciones de los electrodos más próximos a él.

La eliminación de los segmentos contaminados por artefactos y la sustitución de canales con demasiados artefactos se realizó de forma automática, aunque posteriormente los segmentos no eliminados fueron supervisados por inspección visual.

Fueron excluidos los registros completos de los sujetos que presentaron un elevado número de ensayos eliminados. De esta manera, se consideró imprescindible un número mínimo de 25 ensayos por cada condición para cada sujeto.

Posteriormente se aplicó a todas las señales un filtro digital de pasa-baja con el punto de corte en los 35 Hz.

La señal fue algorítmicamente *re-referenciada* a la actividad promedio registrada por dos electrodos situados sobre cada uno de los huesos mastoides (números 57 y 101; ver figura 3.2). Aunque el elevado número de electrodos utilizados es óptimo para una referencia promedio de todos los electrodos, se optó por la de mastoides promediados para poder realizar fácilmente la comparación con los datos de la literatura previa, ya que la gran mayoría de trabajos publicados sobre PREs asociados a procesos de comprensión del lenguaje utilizan esta referencia.

De cara a la realización de los análisis estadísticos, de los 127 electrodos de registro (129 menos los dos utilizados como referencia) se excluyeron 28 situados en las zonas más periféricas y 22 localizados en las zonas frontal y occipital. El resto de electrodos fue dividido en diferentes grupos o zonas con el fin de reducir el número de datos. De esta manera, se pretendió evitar la pérdida de poder estadístico que se produce cuando se introduce un número elevado de electrodos en el ANOVA (Oken y Chiappa, 1986). Los grupos resultantes fueron 9, 3 zonas en la línea media (con 3 ó 4 electrodos cada zona) y otras 3 a cada lado de la línea media (con 11 electrodos cada zona). Cada una de estas zonas aparece coloreada en la figura 3.2 e incluyen los siguientes electrodos:

Línea media anterior: 5, 6, 11 y 12.

Línea media central: 7, 55, 107 y 129.

Línea media posterior: 62, 68 y 73.

Zona anterior izquierda: 13, 20, 21, 25, 28, 29, 30, 34, 35, 36 y 40.

Zona anterior derecha: 4, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 122, 123 y 124.

Zona central izquierda: 31, 32, 37, 38, 41, 42, 43, 46, 47, 48 y 50.

Zona central derecha: 81, 88, 94, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 109 y 110.

Zona posterior izquierda: 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 66, 67 y 72.

Zona posterior derecha: 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 92, 93, 97 y 98.

Para contrastar estadísticamente las diferencias producidas por las diferentes manipulaciones experimentales, se realizaron diferentes análisis de varianza (ANOVA). En los ANOVAs se introdujeron las diferentes variables experimentales y un factor adicional llamado electrodo, en el que se incluyeron las distintas agrupaciones de electrodos descritas anteriormente. Se hicieron análisis diferentes para las zonas de la línea media (zonas anterior, central y posterior) y para las zonas laterales (anterior izquierda/derecha, central izquierda/derecha y posterior izquierda/derecha). En el análisis de las zonas laterales se introdujo un factor adicional para analizar las diferencias interhemisféricas. Este factor incluía dos niveles: hemisferio izquierdo y hemisferio derecho.

Los datos electrofisiológicos suelen violar el supuesto de esfericidad del ANOVA (Vasey y Thayer, 1987). Este supuesto asume igual covarianza entre todos los pares de niveles de las medidas repetidas. Para evaluar la homogeneidad de las varianzas se utilizó la prueba de Mauchly. Siempre que se detectó la violación del supuesto se redujeron los grados de libertad calculando el valor Epsilon según el procedimiento descrito por Geisser y Greenhouse (1959). En los casos en los que se realizó este ajuste se señalan los valores de probabilidad obtenidos tras el mismo, así como los grados de libertad originales y el valor de  $\epsilon$ .

Algunos autores han mostrado preferencia por acercamientos multivariados en los análisis de varianza de datos electrofisiológicos (Russell, 1990). La principal ventaja de este enfoque es que es menos sensible a la violación de la esfericidad. En general en esta investigación se ha adoptado una perspectiva univariada y los valores señalados en el presente informe corresponden a este tipo de análisis. Sin embargo, los análisis que aportaron los efectos más relevantes se repitieron con un análisis multivariado, sin que se encontraran diferencias cualitativas entre ambos análisis.

En los resultados no se mencionarán los efectos principales relacionados con el factor electrodo o el factor hemisferio (o la interacción entre ambos), ya que sólo se considerarán las posibles interacciones de estos factores con las condiciones experimentales. Las interacciones entre el efecto de las condiciones experimentales y el factor electrodo (o hemisferio) indican diferencias topográficas de los efectos. Estas diferencias pueden ser utilizadas para extraer algunas conclusiones sobre si dos efectos no comparten el mismo generador cerebral. Sin embargo, el ANOVA asume que los cambios en la variable dependiente son aditivos, mientras que los cambios en la intensidad de un efecto en PREs pueden ser multiplicativos. Por lo tanto, diferencias en la intensidad de un efecto pueden resultar en interacciones de este tipo a pesar de tener el mismo generador (McCarthy y Wood, 1985). Para evitar esta fuente de confusión, en los casos en los que se encontraron efectos significativos en las interacciones que involucraban al factor electrodo (o hemisferio), se procedió a la normalización de los datos siguiendo el procedimiento de escalado vectorial recomendado por McCarthy y Wood (1985). Este procedimiento consiste en considerar los datos de los PREs como puntos en un espacio multidimensional, de manera que la distribución de cada condición

es representada como un vector en un espacio N-dimensional, cuyos ejes son los voltajes de cada una de las N localizaciones de los electrodos. En esta representación, la amplitud de una distribución vendría dada por la norma de su vector (definida como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus componentes, que son los voltajes sobre los electrodos), mientras que la forma de dicha distribución vendría dada por la orientación de su vector asociado. Con este método, las diferencias de amplitud entre condiciones pueden ser eliminadas dividiendo los voltajes en cada distribución por la correspondiente norma de su vector.

En los distintos ANOVAs se introdujeron diferentes medidas: amplitudes medias, amplitudes extremas o valores de latencia. Las amplitudes medias se obtuvieron calculando el valor medio de las amplitudes comprendidas entre dos momentos temporales de cada onda. Se consideraron amplitudes extremas o picos a los valores máximos de amplitud comprendidos en determinadas ventanas temporales. Como valores de latencia se tomaron los números de muestras (o su equivalencia en milisegundos) correspondientes a los valores extremos o picos. La elección de uno u otro tipo de valores como variable dependiente se realizó a partir de la inspección visual de los grandes promedios y de la morfología de las ondas. Del mismo modo, las ventanas temporales fueron seleccionadas a partir de la inspección de las ondas y considerando las latencias típicas de los componentes de interés.

Para la realización de todos los análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS (v. 9 para windows).

### **3.6.- PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

De cara a la presentación gráfica de los resultados se hizo un promediado general de todos los promedios del grupo de participantes (gran promedio) por condición y electrodo.

Además de los resultados de los diferentes análisis estadísticos, se realizarán descripciones cualitativas de los grandes promedios, y se incluirán las representaciones gráficas de estos grandes promedios. Para facilitar la visualización de las diferentes ondas se representan sólo 9 electrodos en la figuras insertadas en el texto (ver figura

3.2). Estos electrodos se corresponden aproximadamente con localizaciones estándar del sistema 10/20 relevantes para esta investigación: 25(F3), 124 (F4), 37(C3), 105(C4), 60(P3), 86(P4), 6(Fz), 129(Cz) y 62(Pz). Sin embargo, y para un análisis más detallado de la topografía de los efectos, las figuras equivalentes con la representación de los 129 electrodos de registro se añaden al final de la tesis en forma de anexos.

En todas las gráficas los valores positivos de amplitud se representan en la parte superior del eje de ordenadas. En el eje de abscisas se representa la variable temporal (t) y se escoge como origen de la representación ( $t = 0$ ) el instante en el que se inicia la presentación de la palabra *target*. Se representan también los 100 ms previos a la presentación de la palabra *target* que se utilizaron como línea base para realizar la normalización de los valores de las diferentes ondas.

También se incluyen en el texto distintos mapas que representan de forma bidimensional la distribución de determinados efectos sobre la superficie del cuero cabelludo. La finalidad de estas representaciones es únicamente la de facilitar la visualización de la distribución espacial de los efectos más relevantes. Estos mapas fueron generados por el programa Interpolator (versión 4.0.4). A partir de los valores de los potenciales eléctricos conocidos en los 129 puntos de registro, este programa calcula los valores de los potenciales eléctricos sobre la superficie de la cabeza en cada punto de una rejilla cuadrada de dos dimensiones. La salida del programa es un conjunto de matrices binarias para cada muestra. Estas matrices se representan como mapas continuos según una escala de colores. Las escalas de colores se calcularon a partir de los valores máximos y mínimos de todas las muestras de las ondas representadas y son simétricas respecto al valor 0 (punto medio en la paleta de colores). Diferentes mapas pueden tener escalas no equivalentes. Además, y ya que lo que se pretende mostrar son las distribuciones de los efectos y no las de los PREs aislados, estos mapas se crearon a partir de ondas diferencia, es decir, resultantes de sustracciones entre ondas de diferentes condiciones experimentales. Aunque el programa genera un mapa para cada muestra temporal (250 para cada onda), en las figuras sólo se incluyen algunas muestras representativas de diferentes momentos. En cada mapa se marcan con puntos negros las localizaciones de todos los electrodos y se resaltan los nueve electrodos que se representan en las gráficas de los grandes promedios.

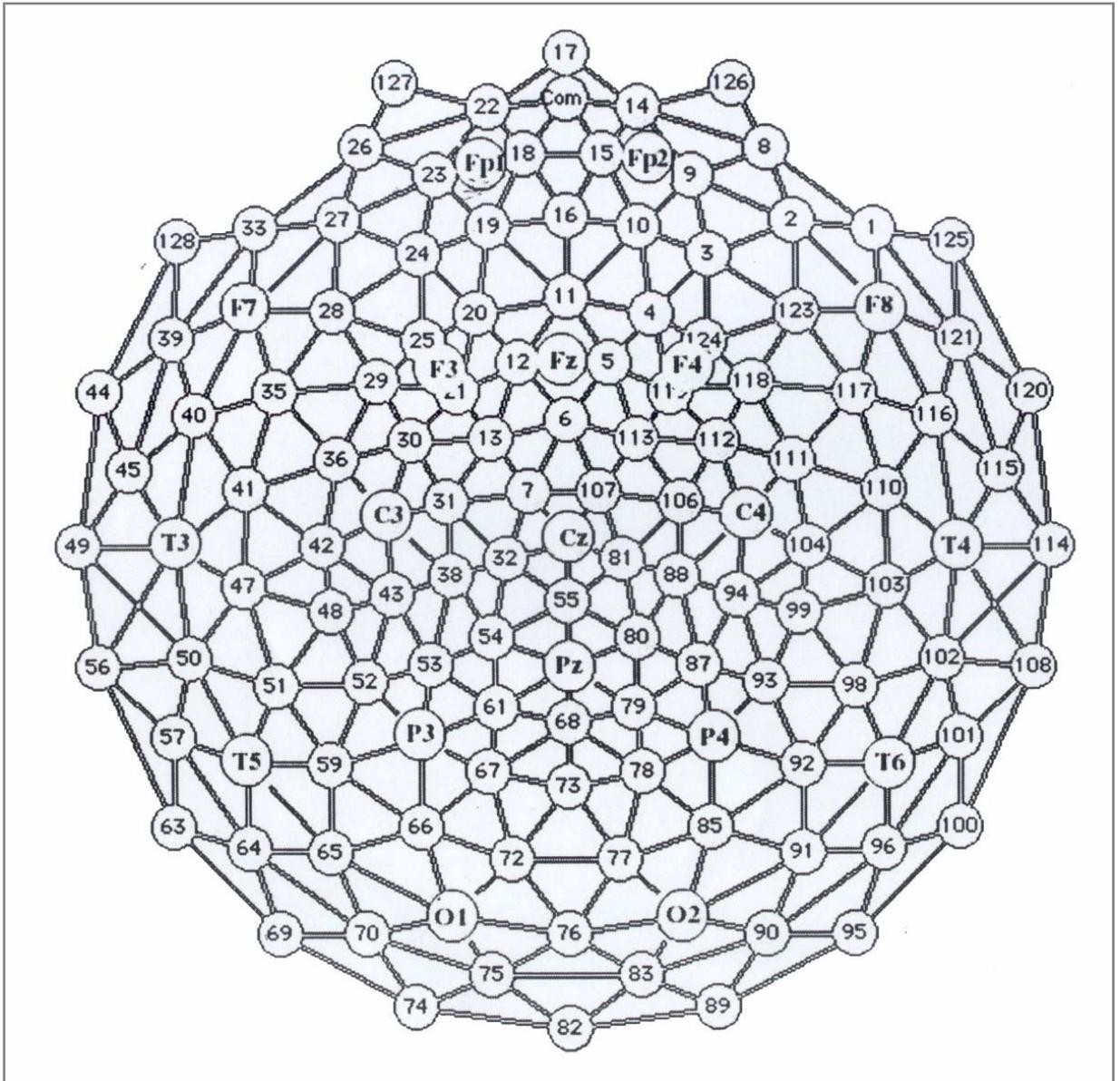


Figura 3.1. Estructura de la red geodésica y localizaciones de los 130 electrodos. La zona frontal de la cabeza corresponde con la parte superior y la zona occipital con la parte inferior. La izquierda del sujeto estaría a la izquierda de la representación y la derecha a la derecha de ésta. Se señalan también las localizaciones equivalentes de 17 electrodos según el sistema 10/20, así como el electrodo de tierra (Com). El electrodo marcado como Cz (129) se sitúa en el vértex y se toma como referencia durante el registro.



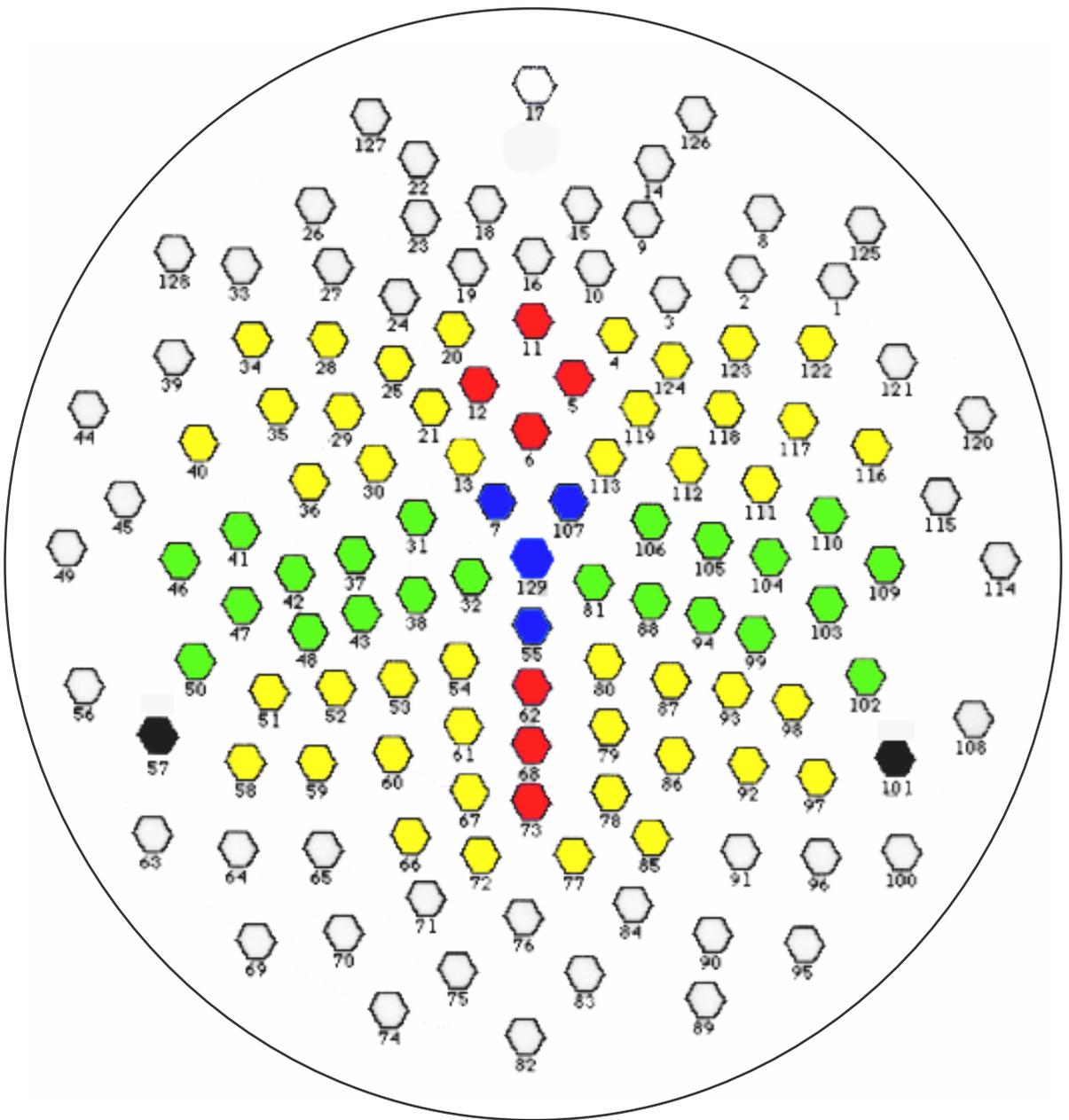


Figura 3.2. Agrupaciones de electrodos que constituyen las diferentes zonas de análisis. También aparecen marcados (hexágonos negros) los electrodos utilizados como referencia en los análisis (57 y 101).



#### 4.- EXPERIMENTO 1: concordancia gramatical en el contexto de frases

El objetivo de este experimento es el de estudiar el efecto de la transgresión de las reglas de concordancia gramatical de género y de número durante la comprensión de frases. Para ello se analiza la actividad eléctrica cerebral asociada a la transgresión de la concordancia gramatical tanto de género como de número mediante la técnica de PREs. A algunas personas se les registró un EEG mientras leían frases y juzgaban si tenían errores gramaticales o no. En cada frase una palabra (*target*) fue manipulada, de manera que en unos casos cumplía las reglas de concordancia pero en otros no concordaba en género o en número con sus antecedentes.

Al comparar directamente los efectos de la no concordancia de género con los que produce la no concordancia de número, se intentan contrastar los modelos que proponen que las características de género y las de número son procesadas de forma distinta y juegan papeles diferentes en el análisis sintáctico de las frases. Algunos de estos modelos proponen que el número es una característica sintáctica que se procesa desde los primeros momentos, cuando se considera solamente la información relevante para la construcción de la estructura sintáctica de la frase, mientras que el género se analiza en un segundo momento, cuando se tiene en cuenta la información léxico-semántica (De Vincenzi, 1999).

Estudios previos realizados con la técnica de PREs muestran que la transgresión de normas morfo-sintácticas produce el efecto P600, que en ocasiones viene precedido por el efecto de la LAN (Osterhout y Mobley, 1995; Hagoort y Brown, 1999; Gunter et al., 2000). Teniendo en cuenta los diferentes procesos con los que se relacionan los componentes sintácticos LAN y P600, podemos esperar que tanto la transgresión de la concordancia de género como la de número tengan efectos sobre los dos componentes, pero que la magnitud de estos efectos varíe según el tipo de violación.

La LAN tendría lugar en un momento en el que la información sintáctica se está procesando, al menos, en paralelo con la léxico-semántica, por lo que es posible que el efecto de la violación de la concordancia de número sea mayor sobre este

componente que el de la violación de género. Sin embargo, la P600 está relacionada con los procesos de reanálisis o reparación que se producen en un momento en que la información léxico-semántica ya ha sido procesada e incluso integrada con la sintáctica. Siguiendo la propuesta de Faussart et al. (1999), los procesos de reanálisis pueden ser más costosos en el caso de la no concordancia de género porque no sólo se han de revisar los procesos de integración sintáctica, sino también los primeros procesos de acceso al léxico. Por lo tanto, el efecto P600 puede ser mayor en el caso en que la transgresión de la concordancia se realice sobre la información de género.

Durante la realización de esta investigación hemos conocido los resultados de un experimento similar al que aquí describimos en el que se compararon las transgresiones de género y de número en holandés sin encontrarse diferencias entre ellas (Van Berkum et al., 2000). Sin embargo, las características de la morfología de género en holandés comentadas en la introducción hacen que esta lengua no sea la más idónea para este tipo de comparación. Además, en este trabajo no se encontraron diferencias significativas en el componente LAN en ninguna de las dos transgresiones respecto al control, a pesar de que en otras investigaciones sí se han encontrado efectos en este componente debidos a la manipulación de la concordancia de género (Gunter et al., 2000). Teniendo en cuenta que en este componente se espera un mayor efecto de la transgresión de número frente a la de género, resulta fundamental obtener efectos nítidos en esta ventana temporal.

Por otro lado, se estudiará el efecto de la posición de dicha transgresión en la frase, situándola al inicio o a mitad de la misma, ya que existen datos que apuntan a que la dificultad de establecer una relación de concordancia puede ser mayor cuando ésta se establece fuera de los límites del sintagma. En un estudio con pacientes afásicos en francés se manipularon las palabras que marcaban de forma explícita el género o el número del sintagma nominal<sup>30</sup>(Jakubowicz y Goldblum, 1995). Pacientes con afasias no fluidas produjeron más errores de comprensión cuando la palabra clave era una palabra situada fuera del sintagma nominal (adjetivo postverbal), que cuando se trataba

---

<sup>30</sup> En francés el género o el número del sintagma nominal puede no estar explícitamente marcado en el nombre, aunque se puede deducir de la marcas del determinante, del verbo o de un adjetivo, por lo que se pueden construir frases en las que sólo una de estas palabras esté explícitamente marcada.

de una palabra situada dentro del sintagma nominal (determinante o sustantivo), y además, cometieron más errores cuando la palabra clave era una palabra de contenido (nombre o adjetivo) que cuando era una palabra de función (determinante). Por otro lado, pacientes con afasias fluidas presentaron dificultades sólo en el caso de la concordancia de género (semántico) cuando la palabra clave estaba fuera del sintagma nominal. Incluso los sujetos control, aunque en menor medida, cometieron algunos errores cuando la palabra clave era una palabra de contenido situada fuera del sintagma nominal. Los autores consideran que las relaciones de concordancia que se establecen más allá de los límites del sintagma nominal (como en el caso del adjetivo postverbal) requieren más cantidad de recursos que los que se establecen dentro del sintagma. Atendiendo a estos resultados, en el presente experimento se presentan las trasgresiones de la concordancia gramatical en dos situaciones diferentes: una al inicio de frase, entre el determinante y el sustantivo del sintagma nominal (transgresión intrasintagma; p.ej. *La piano estaba desafinado*), y otra a mitad de frase, entre el adjetivo postverbal y el sintagma nominal (transgresión intersintagma; p.ej. *El faro es alta y luminoso*). De esta manera, se espera que los efectos encontrados puedan variar dependiendo de las diferentes demandas de recursos que imponen ambas condiciones, siendo mayor el efecto en la manipulación intersintagma que en la intrasintagma.

#### 4.1.- HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta estos antecedentes y las diferentes condiciones experimentales planteadas, se plantean las siguientes hipótesis:

**1ª hipótesis:** Se espera encontrar efectos sobre los componentes anteriormente relacionados con las violaciones gramaticales de género y de número:

- Aumento de la amplitud (positiva) de la P600 en las condiciones de no concordancia respecto a la condición de concordancia. Atendiendo a la descripción típica de este componente, esta diferencia tendrá lugar a partir de los 500 ms y tendrá una distribución parietal ligeramente lateralizada hacia el hemisferio derecho.

- Aumento de la amplitud (negativa) de la LAN en las condiciones de no concordancia respecto a la condición de concordancia. El efecto se producirá entre los 300 y los 500 ms y se localizará en la zona anterior del hemisferio izquierdo.

**2ª hipótesis:** Se esperan diferencias entre los efectos de la no concordancia en género y la no concordancia en número en el componente LAN, siendo mayor la magnitud del efecto de la no concordancia en número que la del de no concordancia en género.

**3ª hipótesis:** Se espera que los dos tipos de violaciones gramaticales produzcan un aumento de la amplitud del componente P600 y que este efecto sea mayor en el caso de la violación de la concordancia de género.

**4ª hipótesis:** El efecto de la no concordancia será mayor en las palabras colocadas a mitad de frase que en las colocadas al comienzo de ésta, es decir, será mayor cuando la concordancia tenga que establecerse entre sintagmas que cuando la relación se establezca dentro un mismo sintagma.

## 4.2.- MÉTODO

### 4.2.1.- Participantes

Participaron en el experimento 28 personas. Cuatro sujetos no fueron incluidos en los análisis debido a que presentaron registros con demasiados artefactos, promedios anómalos o demasiado planos (ver criterios en la sección 4.5). Por lo tanto, el número final de registros analizados fue de 24.

Las edades de los participantes variaron entre los 18 y los 27 años, con una media de 19.6 (DT=1.7).

En cuanto a la división por sexos, 19 participantes eran mujeres y los otros 6 eran hombres.

De los 24 participantes 4 manifestaron tener o haber tenido al menos un pariente directo zurdo.

#### 4.2.2.- Estímulos

Se crearon dos listas diferentes de frases para obtener cada una de las condiciones experimentales en las dos posiciones diferentes de las frases. En una de las listas se manipularon las trasgresiones situadas al inicio de la frase, y en la otra lista la misma manipulación se hizo a mitad de frase. Cada lista estaba compuesta por 120 frases.

**Concordancia al inicio de frase o intrasintagma:** En la lista en la que se hizo la manipulación al inicio de la frase se obtuvieron 3 condiciones de 40 frases cada una:

1.- Condición de concordancia: se respetan las reglas de concordancia entre todas las palabras (p.ej. *El piano estaba desafinado*).

2.- Condición de no concordancia en género: la segunda palabra (nombre) no concuerda en género con la primera palabra (artículo) (p.ej. *La piano estaba desafinado*).

3.- Condición de no concordancia en número: la segunda palabra (nombre) no concuerda en número con la primera palabra (artículo) (p.ej. *Los piano estaba desafinado*).

**Concordancia a mitad de frase o intersintagma:** En la lista en la que se hizo la manipulación a mitad de la frase se obtuvieron otras 3 condiciones equivalentes de 40 frases cada una:

1.- Condición de concordancia: se respetan las reglas de concordancia entre todas las palabras (p.ej. *El faro es alto y luminoso*).

2.- Condición de no concordancia en género: en la que la cuarta palabra (adjetivo postverbal) no concordaba en género con el sintagma nominal, p.ej. *El faro es alta y luminoso*.

3.- Condición de no concordancia en número: en la que la cuarta palabra (adjetivo postverbal) no concordaba en número con el sintagma nominal, p.ej. *El faro es altos y luminoso*.

Se hicieron diferentes versiones de estas dos listas, de manera que cada frase se presentó en cada una de las tres condiciones de concordancia a través de diferentes

grupos de sujetos. Cada sujeto vio las dos listas pero cada frase solamente en una de sus versiones.

Como puede verse, en el caso de la manipulación al inicio de frase la palabra *target* es un sustantivo y se manipula el artículo que le antecede. Por otro lado, en el caso de la manipulación a mitad de frase la palabra que varía es el *target*, que es un adjetivo. Esto se debe a que todos los sustantivos utilizados fueron objetos inanimados con género fijo, lo cual no permitía la manipulación de esta característica, mientras que los adjetivos sí permitían las dos opciones de género. Para mantener los adjetivos fijos habría que haber utilizado sustantivos con género variable como *prime* (p.ej. *El niño/La niña es alto...*), pero en este caso el género biológico puede añadir efectos de tipo semántico a las violaciones gramaticales. Por otro lado, también se podía haber manipulado la concordancia de género cambiando el sustantivo precedente por otro de género opuesto (p.ej. *El faro/La mesa es alto...*), pero así se podría estar variando también la relación semántica entre el adjetivo y ambos antecedentes.

Todas las frases en las que se manipuló el adjetivo eran frases copulativas con idéntica estructura. En cuanto a las frases en las que se manipuló el sustantivo, al realizarse la manipulación al inicio de la frase, la estructura que sigue al *target* es irrelevante, por lo que las frases no tenían que ser estructuralmente iguales. Sin embargo, para evitar que ambos tipos de frases fueran fácilmente discriminables también en esta lista se incluyeron frases copulativas.

**Condición de relleno:** con el fin de equiparar el número de frases correctas con el de frases que contenían algún tipo de transgresión gramatical, a estas 6 condiciones experimentales se le añadieron 80 frases de relleno. Todas estas frases de relleno eran correctas desde el punto de vista gramatical. Además, estas frases de relleno incluyeron en las posiciones de los *targets* palabras cuyo género no se marcaba de forma regular por medio de los sufijos “-o” o “-a”: palabras de género opaco (p.ej. *reloj*), de género común (p.ej. *triste*) o irregulares (p.ej. *radio*). De esta manera se pretendía que las relaciones de concordancia no se pudieran establecer de una manera superficial, atendiendo solamente a los sufijos de las palabras. Dos tercios de estas frases eran frases copulativas para equipararlas también en estructura a las frases experimentales.

En la tabla 4.1 se resumen los distintos tipos de condiciones experimentales con sus respectivos ejemplos.

POSICIÓN DE LA MANIPULACIÓN	CONDICIONES	EJEMPLOS
INICIO DE FRASE	CONCORDANCIA	El <u>piano</u> estaba desafinado.
	No c. en GÉNERO	La <u>piano</u> estaba desafinado.
	No c. en NÚMERO	Los <u>piano</u> estaba desafinado.
MITAD DE FRASE	CONCORDANCIA	El faro es <u>alto</u> y luminoso.
	No c. en GÉNERO	El faro es <u>alta</u> y luminoso.
	No c. en NÚMERO	El faro es <u>altos</u> y luminoso.
FRASES DE RELLENO	CONCORDANCIA	El reloj estaba atrasado.

Tabla 4.1. Diferentes condiciones en cada lista de frases y ejemplos de cada una de ellas. Los subrayados indican las palabras *target*.

El total de frases presentadas a cada sujeto fue de 320 frases, de las cuales 160 eran correctas (80 de relleno y 80 experimentales) y las otras 160 presentaban algún error de concordancia (80 en género y 80 en número).

Dentro de cada condición experimental la mitad de los *targets* tenían género masculino y la otra mitad femenino. La mitad de los *targets* masculinos se presentaban en singular y la otra mitad en plural, y lo mismo ocurría con los femeninos.

Todas las palabras utilizadas como *targets* en las condiciones experimentales eran de frecuencia de uso media o alta y estaban compuestas por 2 ó 3 sílabas (entre 3 y 7 letras). Las frecuencias de uso medias de los *targets* para cada condición experimental eran equivalentes en cada grupo de contrabalanceo. Estas frecuencias de uso de las palabras se obtuvieron de la base de datos LEXESP (Sebastián-Gallés, Martí, Carreiras y Cuetos, 2000).

Como puede observarse en los ejemplos, en ninguna de la frases la palabra *target* era la última palabra de la frase. De esta manera, se pretendía evitar que los efectos

buscados se confundieran con efectos propios de los procesos de cierre que se producen al final de la lectura de una frase.

Las frases estaban compuestas por entre 4 y 8 palabras, siendo la media de 5.9 palabras.

La primera palabra de cada frase se presentaba con su primera letra en mayúsculas y la última palabra iba seguida de un punto. De esta manera el sujeto podía identificar claramente el principio y final de cada frase.

El total de las frases empleadas puede consultarse en el anexo 1 presentadas en la versión de concordancia.

#### **4.2.3.- Procedimiento**

Tras la preparación y colocación de electrodos, a los participantes se les leyeron las instrucciones y realizaron 10 ensayos de ejemplo. Seguidamente realizaron el experimento propiamente dicho. Todas las frases fueron presentadas en un orden pseudoaleatorio, diferente para cada sujeto.

Los participantes leyeron las frases y al final de cada frase tuvieron que decidir si había algún error gramatical en ellas o no.

Las frases se presentaron palabra a palabra en el centro de la pantalla. La secuencia de presentación de los estímulos fue la siguiente:

- Presentación de un punto de fijación (“+”) durante 700 ms que indicaba el inicio de cada nuevo ensayo.
- Intervalo en blanco de 300 ms de duración.
- Presentación de cada palabra de la frase durante 300 ms con un intervalo en blanco entre palabras de 300 ms (SOA= 600 ms).
- Tras la desaparición de la última palabra de cada frase se presentaba un intervalo en blanco de 300 ms.
- A continuación aparecía un símbolo (“¿...?”) que servía como señal para que el sujeto realizara su respuesta. A partir de la presentación de este símbolo, el

sujeto tenía un tiempo máximo de 2000 ms para ejecutar su respuesta. Trascurrido este tiempo comenzaba un nuevo ensayo. Los participantes debían contestar utilizando las dos teclas asignadas con las etiquetas de “sí” y “no”.

- Finalmente, se introducía un intervalo en blanco de tiempo variable (entre 1000 y 1500 ms) antes del siguiente ensayo. Estos intervalos de tiempo variable se introducen en este tipo de estudios para evitar que se produzca una sincronización entre determinadas ondas estables del EEG (p.ej. ondas  $\alpha$ ) y la presentación de los estímulos. De esta manera, estas ondas no están en fase en el promediado y tienden a anularse.

El SOA utilizado entre palabra y palabra (600 ms) es habitual en muchos estudios de este tipo que analizan los efectos sobre el componente P600. Permite que, al menos, hasta los 600 ms no se superpongan las ondas de una palabra con los de la siguiente, y al mismo tiempo no es demasiado largo como para que la lectura resulte muy artificial. En cualquier caso, estudios con SOAs más cortos, cercanos a la tasa normal de lectura (SOA=258 ms), encuentran efectos equivalentes a los descritos con este SOA (Hagoort y Brown, 2000).

A los participantes se les pidió que intentaran parpadear solamente entre frase y frase, y que evitaran hacerlo mientras estaban leyendo las frases.

La duración media del experimento, sin contar con la fase de colocación de los electrodos ni la fase de entrenamiento, fue de 35 minutos.

#### 4.2.4.- Análisis

El análisis descriptivo de las respuestas mostró que en ningún participante el número de errores superó el 5% de total del ítems, y estos errores no se distribuyeron de forma asimétrica entre las diferentes condiciones. Por lo tanto, no se realizaron análisis estadísticos adicionales de los errores. En cualquier caso, el reducido número de errores indicó que los sujetos no tuvieron dificultad en comprender las frases y en realizar la tarea. Tampoco se realizó el análisis de los tiempos de respuesta, ya que no hubiera

aportado información relevante, teniendo en cuenta que la respuesta se realizaba con posterioridad a la lectura de la frase.

Los análisis de los registros electroencefalográficos se realizaron siguiendo las pautas descritas en el apartado apartado 3.5. Se analizaron y promediaron los segmentos del EEG simultáneos a la presentación de las palabras anteriormente definidas como *targets*. Se consideraron exclusivamente aquellos segmentos asociados a las frases en las que los participantes emitieron una respuesta correcta en la tarea de juicio gramatical.

Tras la inspección visual de los datos y atendiendo a los componentes de interés señalados anteriormente, se seleccionaron las siguientes ventanas temporales:

- Para el análisis del componente LAN se analizó el área incluida entre los 300 y los 400 ms.
- Para el análisis del componente P600 se eligieron dos ventanas temporales diferentes: la primera abarcaba de los 500 a los 700 ms y la segunda de los 700 a los 900 ms. Estas dos ventanas se analizaron por separado para intentar dissociar los dos momentos de la P600 que han sido recientemente propuestos, y que pueden reflejar procesos distintos (Hagoort, Brown y Osterhout, 1999).

Los datos correspondientes a la amplitud de voltaje media de cada promedio en estas ventanas temporales fueron utilizados en las pruebas estadísticas.

En el siguiente apartado se describen los resultados de la comparación entre las diferentes condiciones de concordancia gramatical, en las dos posiciones en las que se realizó la manipulación experimental, y se consideran las diferentes distribuciones de los efectos encontrados. Se muestran las gráficas resultantes de los grandes promedios comentadas y los resultados de los diferentes análisis estadísticos. Se realizaron ANOVAs que incluyeron los factores concordancia (gramatical), posición (en la frase) y (grupos de) electrodos, añadiendo el factor hemisferio en los análisis de los electrodos laterales. A la hora de describir los efectos más relevantes, el factor posición (al igual que los factores electrodo y hemisferio) sólo se considera en los casos en que interactúa con el factor concordancia.

Es importante recordar que los análisis se realizaron sobre grupos de electrodos promediados, mientras que en el texto se representan sólo nueve electrodos que pueden

ser más o menos representativos de estos grupos. Por esta razón, es recomendable consultar también los anexos en los que se representan la totalidad de los puntos de registro.

#### **4.3.- RESULTADOS**

En la figura 4.1 se muestran los grandes promedios de las diferentes condiciones de concordancia gramatical en relación a la manipulación realizada al comienzo de frase. En la figura 4.2 se representan los grandes promedios de las mismas condiciones experimentales pero en este caso en relación a la manipulación realizada a mitad de frase. En el anexo 2 y 3 se incluyen los mismos grandes promedios en los 129 puntos de registro.

Las ondas presentan la morfología típica de los PREs asociados al procesamiento de palabras presentadas en la modalidad visual y en ellas se pueden detectar algunos componentes comunes a todas las condiciones. Los primeros componentes a destacar son dos componentes relativamente tempranos. El N1 es un componente negativo visible en zonas centrales y anteriores que tiene su pico en torno a los 100 ms. En los electrodos colocados en zonas occipitales, aproximadamente en la misma latencia se observa un pico positivo (P1) seguido de otro negativo (N1) con amplitud máxima entre los 175-200 ms. Al componente N1 le sigue en la mayoría de los electrodos un pico positivo que alcanza sus máximas amplitudes en los electrodos frontales con latencias entre los 200-250 ms; este pico es identificado como el componente P2. Estos componentes tempranos son conocidos como el complejo N1-P2 y están asociados al procesamiento de los rasgos físicos de las palabras y a factores de tipo atencional, por lo que poseen un interés marginal para la presente investigación. Al componente P2 le sigue una negatividad que presenta su pico máximo en torno a los 400 ms y que coincide con el componente N400 descrito anteriormente. A los 700 ms puede observarse nuevamente el componente N1 que aparece como respuesta a la lectura de la siguiente palabra. Esto se debe a que la palabra que sigue a la palabra crítica aparecía 600 ms después del inicio de ésta. De la misma manera, sobre los 800 ms también está presente el componente P2 de la palabra que sigue a la analizada.

En cuanto a la relación entre las distintas condiciones de concordancia gramatical representadas en estas gráficas (concordancia, no concordancia en género y no concordancia en número), en ambas figuras se observan dos efectos destacables que son diferentes en polaridad, morfología, distribución y latencia.

El primero de los efectos coincide con el denominado LAN. Las dos condiciones en las que se produce la transgresión de la concordancia presentan entre los 300 y los 400 ms amplitudes más negativas respecto a la condición de concordancia gramatical y esta diferencia se encuentra solamente en los electrodos de la zona anterior del hemisferio izquierdo. Este efecto presenta una magnitud similar en los dos tipos de manipulaciones de la concordancia, la de género y la de número.

En cuanto al segundo de los efectos, se localiza a partir de los 500 ms y es de signo contrario, ya que las condiciones en las que se viola la concordancia presentan amplitudes más positivas en relación a la condición de concordancia. Por lo tanto, puede considerarse como una manifestación del efecto conocido como P600. Aunque está ampliamente distribuido, este efecto es de mayor intensidad en las zonas posteriores que en las anteriores, y está ligeramente lateralizado hacia la derecha. Además, en este efecto podemos distinguir dos momentos diferentes atendiendo a su distribución en el eje anterior-posterior. Entre los 500 y los 700 ms el componente se observa tanto en los electrodos anteriores como en los posteriores, mientras que entre los 700 y los 900 ms el efecto tiende a desaparecer en los electrodos anteriores y permanece en los posteriores. Las diferencias en estas latencias son equivalentes para los dos tipos de violaciones gramaticales en cuanto a su polaridad, distribución y morfología. Sin embargo, cuantitativamente el efecto de la manipulación de la concordancia de género parece ser mayor que el de la manipulación de la concordancia de número.

En la figura 4.3 se incluyen los mapas que representan la distribución del efecto LAN a los 350 y a los 400 ms. En la figura 4.4 se encuentran las mismas representaciones topográficas del efecto P600 a los 600 y a los 800 ms. En ambas figuras los efectos de la no concordancia de género y los de la no concordancia de número se representan por separado. Los efectos se representan por medio de diferencias que son el resultado de sustraer las condiciones de no concordancia a las de

concordancia. Los efectos de las dos posiciones en las que se hizo la manipulación se consideran conjuntamente.

A la hora de comparar los efectos de las violaciones en las dos posiciones de la frase, hay que tener en cuenta que las línea base o condiciones de concordancia no son exactamente equivalentes en ambas posiciones. Las palabras utilizadas como *target* a principio de frase presentan amplitudes más negativas en el componente N400 que las palabras *target* a mitad de frase, y esta diferencia está ampliamente distribuida a lo largo de las diferentes zonas de análisis. En la figura 4.5 se pueden ver superpuestas las ondas correspondientes a la condición de concordancia gramatical en las dos posiciones de las frases. Por esta razón, en la figura 4.6 se representa el efecto de la no concordancia de género (el resultado de restarle la onda de la condición de concordancia a la onda de la condición de no concordancia en género) en las dos posiciones de la frase. En la figura 4.7 se hace la misma comparación pero en este caso en relación con los efectos de la concordancia de número. En los anexos 4 y 5 se representan conjuntamente las dos posiciones de cada condición de no concordancia.

Tanto el efecto LAN como el efecto P600 se encuentran en las dos posiciones de las frases en las que se hicieron las manipulaciones experimentales. Aunque cualitativamente son equivalentes en ambas situaciones, los efectos parecen ser ligeramente mayores en la posición de mitad de frase que en la de inicio de frase.

En general los análisis estadísticos apoyan la mayor parte de estas observaciones. A continuación se describen por separado los análisis correspondientes a las tres ventanas temporales analizadas.

### **Ventana temporal entre 300 y 400 ms: LAN**

El ANOVA sobre los electrodos de la **línea media**, incluyó el factor posición con 2 niveles (inicio de frase y mitad de frase), el factor concordancia con 3 niveles (concordancia, no concordancia en género y no concordancia en número) y el factor electrodo con otros 3 niveles (anterior, medio y posterior). Ni el factor posición ( $F_{1,23}=1.23$ ;  $p=0.27$ ), ni el factor concordancia ( $F<1$ ) mostraron efectos significativos. Tampoco se encontraron efectos significativos en la interacción entre el factor

concordancia y el factor electrodo ( $F_{4,20}=1.91$ ;  $p=0.14$ ;  $\varepsilon=0.64$ ), ni en la interacción entre el factor concordancia y el factor posición ( $F<1$ ), ni en la triple interacción ( $F<1$ ).

El análisis de las **zonas laterales** incluyó también los factores posición, concordancia y electrodo con los mismos niveles, pero además se añadió el factor hemisferio con 2 niveles (derecho e izquierdo). En este caso se encontró un efecto significativo en la triple interacción de las variables concordancia, electrodo y hemisferio ( $F_{4,20}=6.03$ ;  $p<0.01$ ;  $\varepsilon=0.55$ ). Este efecto se confirmó tras realizar la normalización de los datos siguiendo el procedimiento de escalado vectorial descrito en el apartado 3.5 ( $F_{4,20}=4.3$ ;  $p<0.05$ ;  $\varepsilon=0.63$ ). En el ANOVA inicial, ni la interacción entre el factor concordancia y el factor posición ( $F<1$ ), ni la interacción de los cuatro factores ( $F<1$ ) mostraron efectos significativos.

Para definir el origen de la triple interacción se compararon todos los posibles pares de niveles pertenecientes a los factores implicados. Solamente se encontraron diferencias significativas en las zonas anterior y media del hemisferio izquierdo y ninguna en el hemisferio derecho. En la tabla 4.2 se muestran los contrastes de los diferentes niveles del factor concordancia en los tres grupos de electrodos del hemisferio izquierdo.

g.l.= 1, 23	<b>C - NCG</b>	<b>C - NCN</b>	<b>NCG - NCN</b>
<b>Anterior</b>	$F=10.15$ ; $p<0.01$	$F=5.58$ ; $p<0.05$	$F=0.42$ ; $p=0.52$
<b>Media</b>	$F=10.37$ ; $p<0.01$	$F=3.07$ ; $p=0.09$	$F=2.52$ ; $p=0.126$
<b>Posterior</b>	$F=0.55$ ; $p=0.46$	$F=0.53$ ; $p=0.47$	$F=3.07$ ; $p=0.93$

Tabla 4.2. Contrastes entre los niveles del factor concordancia (Concordancia versus no concordancia en género [C - NCG], concordancia versus no concordancia en número [C - NCN], y no concordancia en género versus no concordancia en número [NCG - NCN]) en las 3 zonas de electrodos del hemisferio izquierdo. Ventana de 300 a 400 ms.

### Ventana temporal entre 500 y 700 ms: P600

En el ANOVA de las zonas de la **línea media** se incluyeron los mismos factores que en el equivalente de la ventana anterior. Aunque la interacción entre el factor concordancia y el factor electrodo fue significativa en un primer análisis ( $F_{2,22}=5.44$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.42$ ), este efecto no se mantuvo tras la normalización de los datos ( $F_{2,22}=2.4$ ;  $p=0.11$ ;  $\epsilon=0.41$ ). Tampoco fue significativa la interacción entre los factores concordancia y posición ( $F<1$ ), ni la interacción entre los tres factores ( $F_{4,20}=1.21$ ;  $p=0.31$ ;  $\epsilon=0.65$ ).

El efecto principal de la variable concordancia sí mostró diferencias significativas ( $F_{2,22}=27.97$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.8$ ). Los contrastes posteriores mostraron que dicho efecto se debe a las diferencias existentes entre la condición de no concordancia en género y la condición de concordancia ( $F_{1,23}=33.03$ ;  $p<0.001$ ), así como a las diferencias entre la condición de no concordancia en número y la de concordancia ( $F_{1,23}=34.82$ ;  $p<0.001$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas cuando se compararon las dos condiciones de no concordancia entre sí ( $F<1$ ).

De la misma manera que en la ventana anterior, el análisis de las **zonas laterales** incluyó el factor hemisferio. En este caso el ANOVA mostró un efecto significativo de la triple interacción existente entre los factores concordancia, electrodo y hemisferio ( $F_{4,20}=5.8$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.86$ ) y este efecto se confirmó sobre los datos normalizados ( $F_{4,20}=4$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.83$ ). Además, este efecto no fue modulado por el factor posición ( $F<1$ ). Para la descripción de la triple interacción, se realizaron los contrastes entre los niveles de la variable concordancia en cada uno de los niveles de los otros dos factores implicados. En la tabla 4.3 se incluyen los valores de significación de los contrastes relacionados con los efectos de no concordancia de género y la no concordancia de número por separado. En ambos casos las diferencias fueron significativas en las zonas medias y posteriores de ambos hemisferios, mientras que en las zonas anteriores las diferencias fueron mayores en el hemisferio derecho que en el izquierdo.

g.l.= 1, 23	Concordancia - No C. de Género		Concordancia - No C. de Número	
	H. izquierdo	H. derecho	H. izquierdo	H. derecho
<b>Anterior</b>	F=0.07; p=0.79	F=3.62; p=0.07	F=1.04; p=0.31	F=5.74; p<0.05
<b>Media</b>	F=14.61; p<0.05	F=22.66; p<0.001	F=17.76; p<0.001	F=16.1; p<0.001
<b>Posterior</b>	F=62.87; p<0.001	F=51.53; p<0.001	F=39.27; p<0.001	F=26.1; p<0.001

Tabla 4.3. Valores resultantes de la comparación de la condición de concordancia con las condiciones de no concordancia de género y no concordancia de número por separado, en cada uno de los grupos de electrodos. Ventana de 500 a 700 ms en zonas laterales.

Ninguno de los contrastes que compararon las condiciones de no concordancia en género y de no concordancia en número entre sí indicó que existieran diferencias significativas entre ellas.

### Ventana temporal entre 700 y 900 ms: P600

Los mismos análisis realizados en las ventanas anteriores se aplicaron al último segmento analizado. El análisis de las zonas de la **línea media** reveló un efecto significativo de la triple interacción de los factores posición, concordancia y electrodo ( $F_{4,20}=3.35$ ;  $p<0.05$ ;  $\epsilon=0.68$ ). Sin embargo, este efecto no se mantuvo tras la normalización de los datos ( $F_{4,20}=2.37$ ;  $p=0.08$ ;  $\epsilon=0.63$ ). Por lo tanto, se procedió a analizar las interacciones dobles y los efectos simples. La interacción de la posición con la concordancia gramatical no fue estadísticamente significativa ( $F_{2,22}=1.13$ ;  $p=0.33$ ;  $\epsilon=0.98$ ). Por el contrario, sí fue significativa la interacción entre la concordancia gramatical y el factor electrodo ( $F_{4,20}=27.46$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.12$ ) y este efecto se confirmó con los datos normalizados ( $F_{4,20}=22.53$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.48$ ). Para analizar el origen de esta interacción se realizaron los contrastes de pares. Estos análisis mostraron que las condiciones de no concordancia en género y de no concordancia en número produjeron

efectos significativamente diferentes que los de la condición de concordancia, pero estas diferencias se dieron solamente en la zona central y en la posterior. Además, en estas mismas zonas aparecen diferencias significativas cuando se compara la condición de no concordancia en género con la de no concordancia en número. En la tabla 4.4 se muestran los valores resultantes de los contrastes más importantes.

g.l.= 1, 23	C. - No C. de Género	C. - No C. de Número	Género - Número
<b>Anterior</b>	F=0.09; p=0.76	F=0.3; p=0.58	F=1.99; p=0.17
<b>Media</b>	F=58.7; p<0.001	F=46.23; p<0.001	F=7.61; p<0.05
<b>Posterior</b>	F=124.6; p<0.001	F=70.02; p<0.001	F=9.32; p<0.01

Tabla 4.4. Valores resultantes de las diferentes comparaciones realizadas entre los tres niveles de la variable concordancia, en las zonas de electrodos anteriores, medias y posteriores. Ventana de 700 a 900 ms en línea media.

Análisis similares se realizaron sobre los registros de los **electrodos laterales**. La interacción triple entre los factores concordancia, electrodo y hemisferio fue significativa ( $F_{4,20}=8.44$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.62$ ), manteniéndose el efecto tras la normalización de los datos ( $F_{4,20}=8.14$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.62$ ). Por otro lado, también fue significativa la triple interacción entre los factores posición, concordancia y electrodo ( $F_{4,20}=8.55$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.53$ ), y este efecto también se constató tras normalizar los datos ( $F_{4,20}=4.11$ ;  $p<0.05$ ;  $\epsilon=0.53$ ). Sin embargo, la interacción de los cuatro factores no fue significativa ( $F_{4,20}=1.41$ ;  $p=0.24$ ;  $\epsilon=0.73$ ).

En las tablas 4.5 y 4.6 se muestran los valores correspondientes con algunos contrastes teóricamente relevantes para la descripción de la interacción entre los factores concordancia, electrodo y hemisferio. En la tabla 4.5 se muestran las comparaciones de la condición de concordancia con las condiciones de no concordancia en género y no concordancia en número, para cada uno de los grupos de electrodos. En esta tabla se puede ver que en las dos comparaciones se encuentran diferencias significativas en todas las zonas excepto en la anterior del hemisferio derecho. Sin embargo, el análisis de las diferentes medias (o de los grandes promedios) muestra que las diferencias presentes en

la zona anterior-izquierda son de signo contrario a las del resto de zonas. En la zona anterior del hemisferio izquierdo, las ondas de las condiciones de no concordancia muestran amplitudes menores respecto a los voltajes de la condición de concordancia, y este patrón se invierte en las zonas medias y posteriores de ambos hemisferios. En la tabla 4.6 se comparan las dos condiciones de no concordancia entre sí. Ambas condiciones difieren significativamente en las zonas posteriores de ambos hemisferios, así como en la zona media del hemisferio derecho.

g.l.= 1, 23	Concordancia - No C. de Género		Concordancia - No C. de Número	
	H. izquierdo	H. derecho	H. izquierdo	H. derecho
<b>Anterior</b>	F=5.85; p<0.05*	F=0.22; p=0.644	F=7.33; p<0.05*	F=0.01; p=0.94
<b>Media</b>	F=20.29; p<0.001	F=64.90; p<0.001	F=17.00; p<0.001	F=35.82; p<0.001
<b>Posterior</b>	F=106.9; p<0.001	F=137; p<0.001	F=70.27; p<0.001	F=65.28; p<0.001

Tabla 4.5. Valores resultantes de la comparación de la condición de concordancia con las condiciones de no concordancia de género y no concordancia de número por separado, en cada uno de los grupos de electrodos. Los asteriscos indican que la dirección de las diferencias se invierte. Ventana de 700 a 900 ms en zonas laterales.

g.l.= 1– 23	No C. de Género – No C. de Número	
	H. izquierdo	H. derecho
<b>Zona anterior</b>	F=0.10; p=0.753	F=0.59; p=0.449
<b>Zona media</b>	F=1.42; p=0.246	F=5.84; p<0.05
<b>Zona posterior</b>	F=4.78; p<0.05	F=6.05; p<0.05

Tabla 4.6. Valores resultantes de la comparación de las dos condiciones de no concordancia entre sí, en cada uno de los grupos de electrodos. Ventana de 700 a 900 ms en zonas laterales.

En cuanto al efecto de la variable posición sobre la interacción concordancia-electrodo, los contrastes no muestran que los efectos de la concordancia sean cualitativamente diferentes en las dos posiciones. En ambas posiciones se dan los mismos efectos significativos, en los mismos electrodos (tabla 4.7). Las diferencias entre

las dos condiciones de no concordancia (tabla 4.8) no llegan a ser significativas en estas pruebas debido a la pérdida de ítems por condición.

g.l.= 1, 23	Concordancia – No C. de Género		Concordancia - No C. de Número	
	Inicio de frase	Mitad de frase	Inicio de frase	Mitad de frase
<b>Anterior</b>	F=1.9; p=0.18	F=0.35; p=0.55	F=1.12; p=0.3	F=1.83; p=0.18
<b>Media</b>	F=15.62; p<0.001	F=38.9; p<0.001	F=13.5; p<0.001	F=25.1; p<0.001
<b>Posterior</b>	F=33.12; p<0.001	F=92.7; p<0.001	F=26.7; p<0.001	F=107; p<0.001

Tabla 4.7. Valores resultantes de la comparación de la condición de concordancia con las condiciones de no concordancia de género y no concordancia de número por separado, en las tres zonas del eje anterior-posterior y en las dos posiciones de la frase. Ventana de 700 a 900 ms en zonas laterales.

g.l.= 1, 23	No C. de Género - No C. de Número	
	Inicio de frase	Mitad de frase
<b>Zona anterior</b>	F=0.12; p=0.73	F=0.89; p=0.35
<b>Zona media</b>	F=0.87; p=0.36	F=2.06; p=0.16
<b>Zona posterior</b>	F=1.94; p=0.17	F=1.22; p=0.28

Tabla 4.8. Valores resultantes de la comparación de las dos condiciones de no concordancia entre sí, en cada una de las zonas del eje anterior-posterior. Ventana de 700 a 900 ms en zonas laterales.



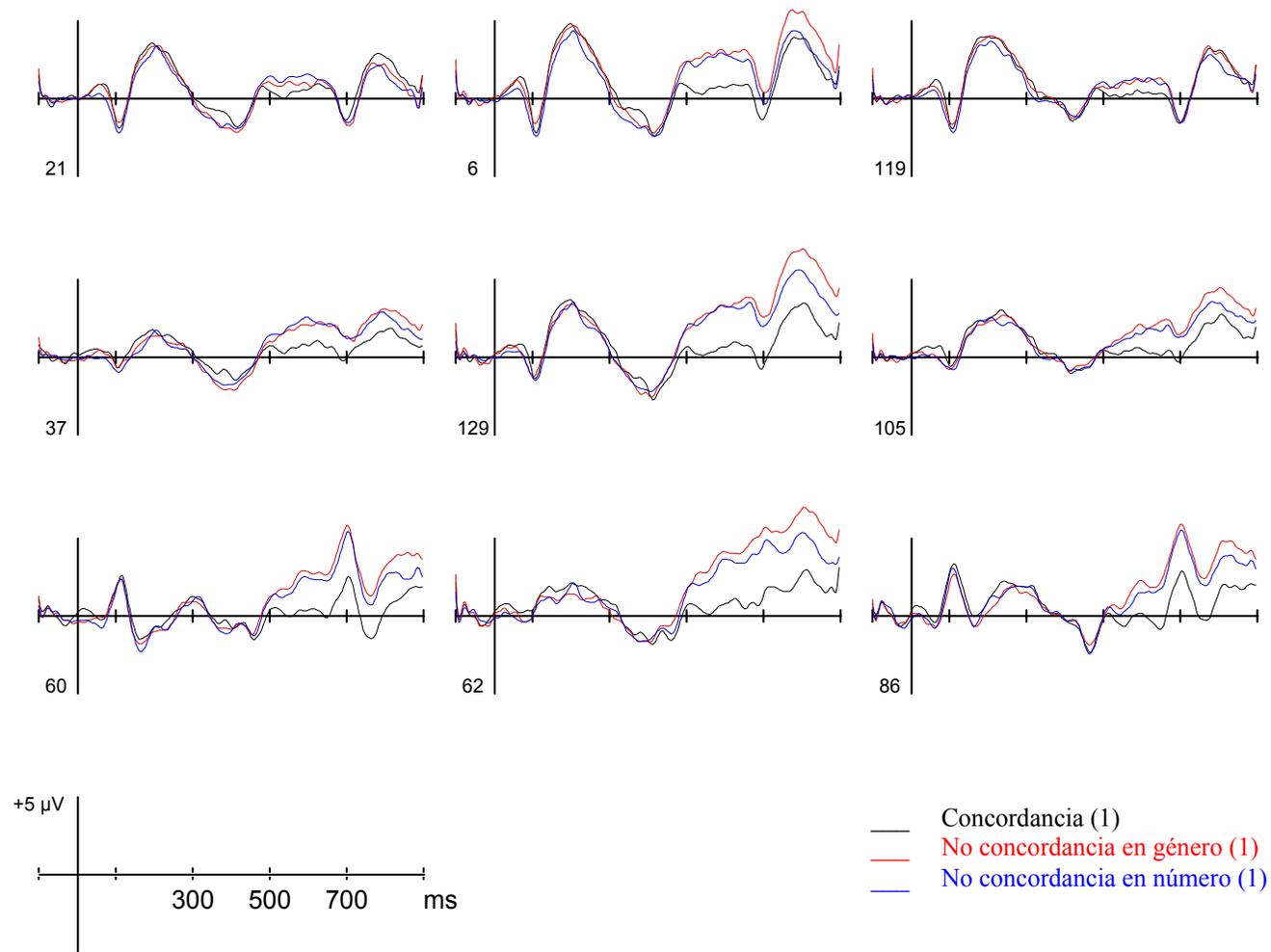


Figura 4.1. Grandes promedios de las condiciones **de concordancia**, **no concordancia en género** y **no concordancia en número**, en la manipulación realizada en el inicio de frase (p.ej. *El/La/Los piano estaba desafinado*). Las dos transgresiones de la concordancia gramatical producen los efectos LAN y P600.



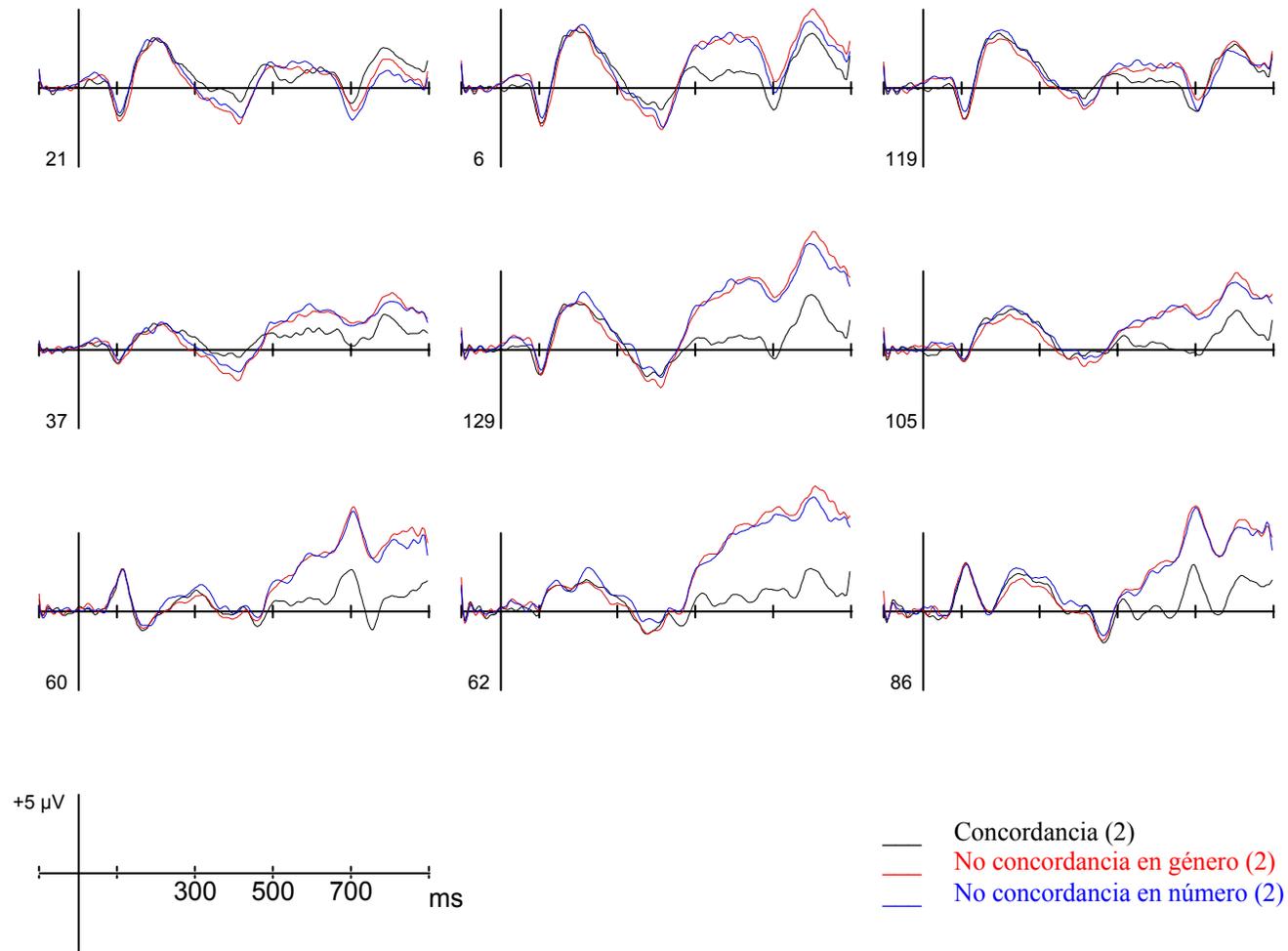
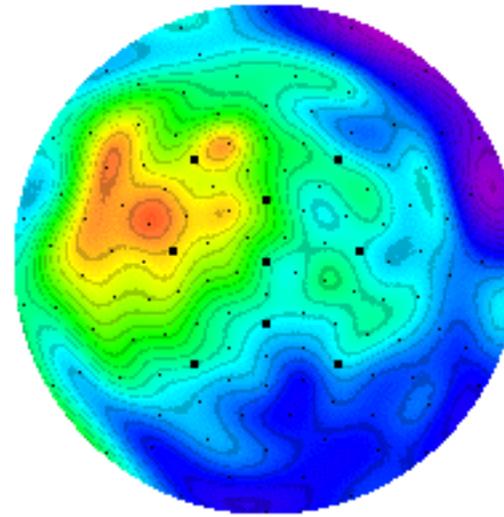
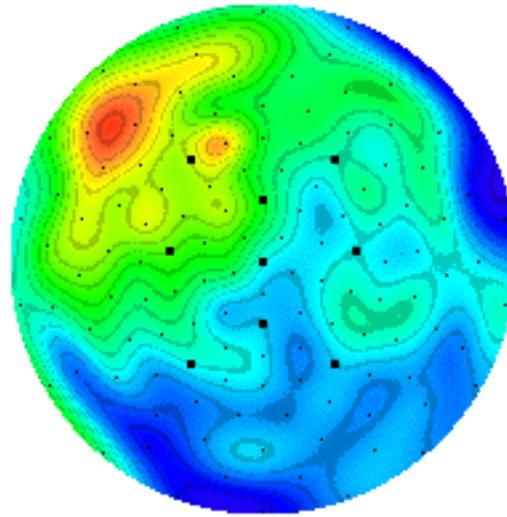


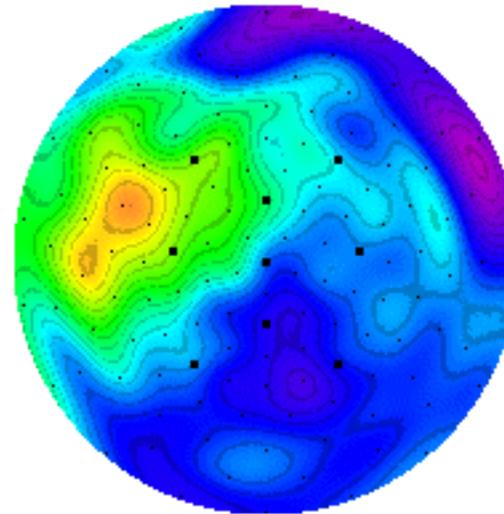
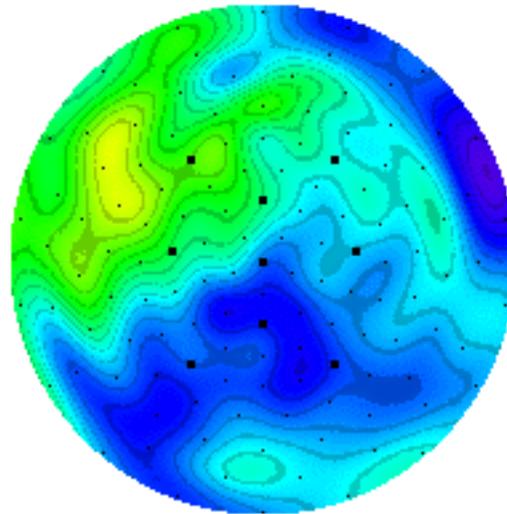
Figura 4.2. Grandes promedios de las condiciones **de concordancia**, **no concordancia en género** y **no concordancia en número**, en la manipulación realizada a mitad de frase (p.ej. El faro es alto/a/os y luminoso). Las dos transgresiones de la concordancia gramatical producen los efectos LAN y P600.



**GÉNERO**



**NÚMERO**



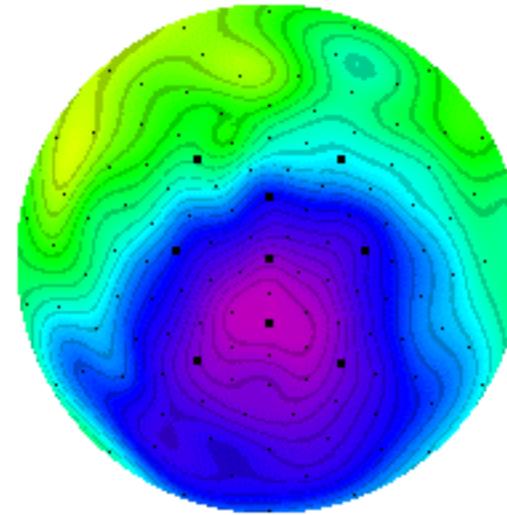
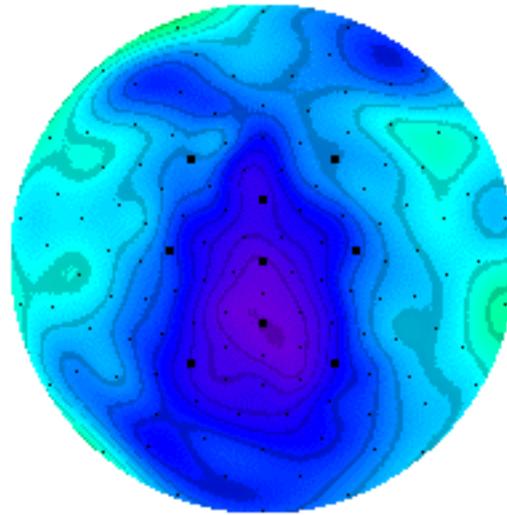
**350**

**400**

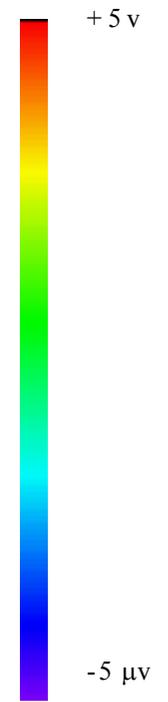
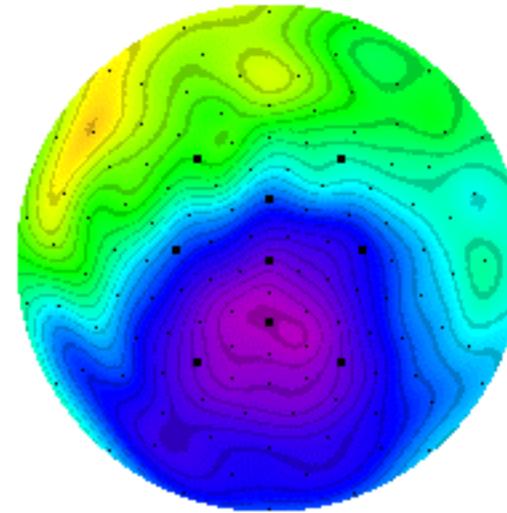
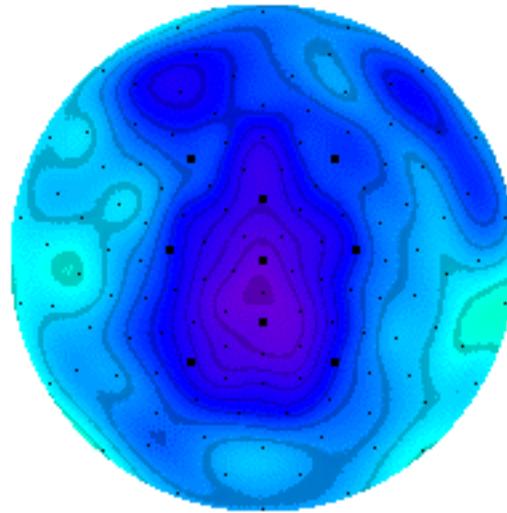
*Figura 4.3. Distribución (anterior-izquierda) de los efectos sobre la LAN a los 350 y a los 400 ms. No se observan diferencias entre las violaciones de la concordancia del género (fila superior) y las del número (fila inferior). Estos efectos son el resultado de sustraer las condiciones de no concordancia a las de concordancia.*



**GÉNERO**



**NÚMERO**



**600**

**800**

*Figura 4.4. Distribución en dos momentos diferentes del efecto P600: a los 600 (central, anterior-posterior) y a los 800 ms (posterior-derecha). No se observan diferencias entre las violaciones de la concordancia del género (fila superior) y las del número (fila inferior). Estos efectos son el resultado de sustraer las condiciones de no concordancia a las de concordancia.*



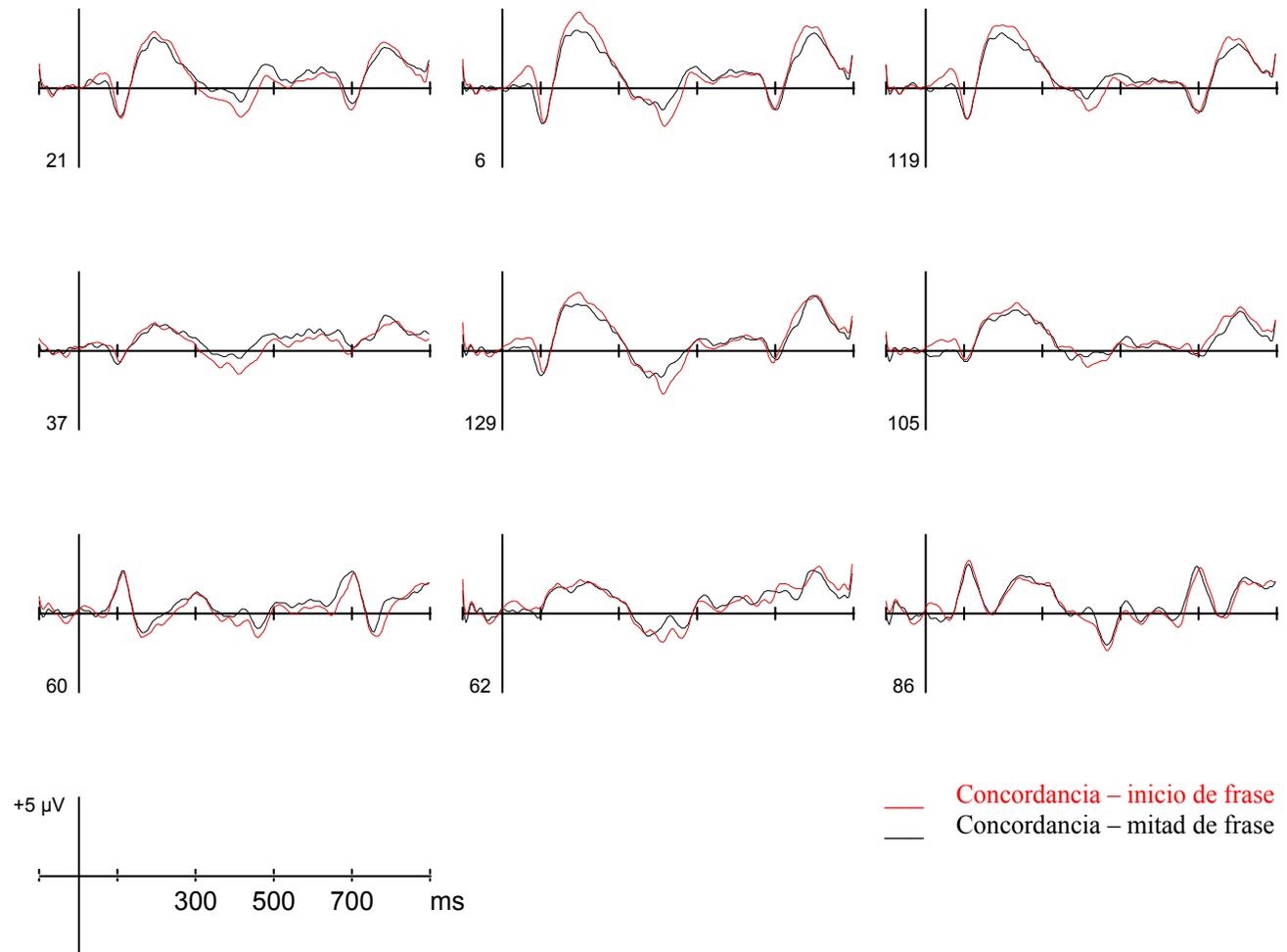


Figura 4.5. Grandes promedios de las condiciones de concordancia en las dos posiciones de las frases. El componente N400 presenta mayor amplitud al inicio de la frase.



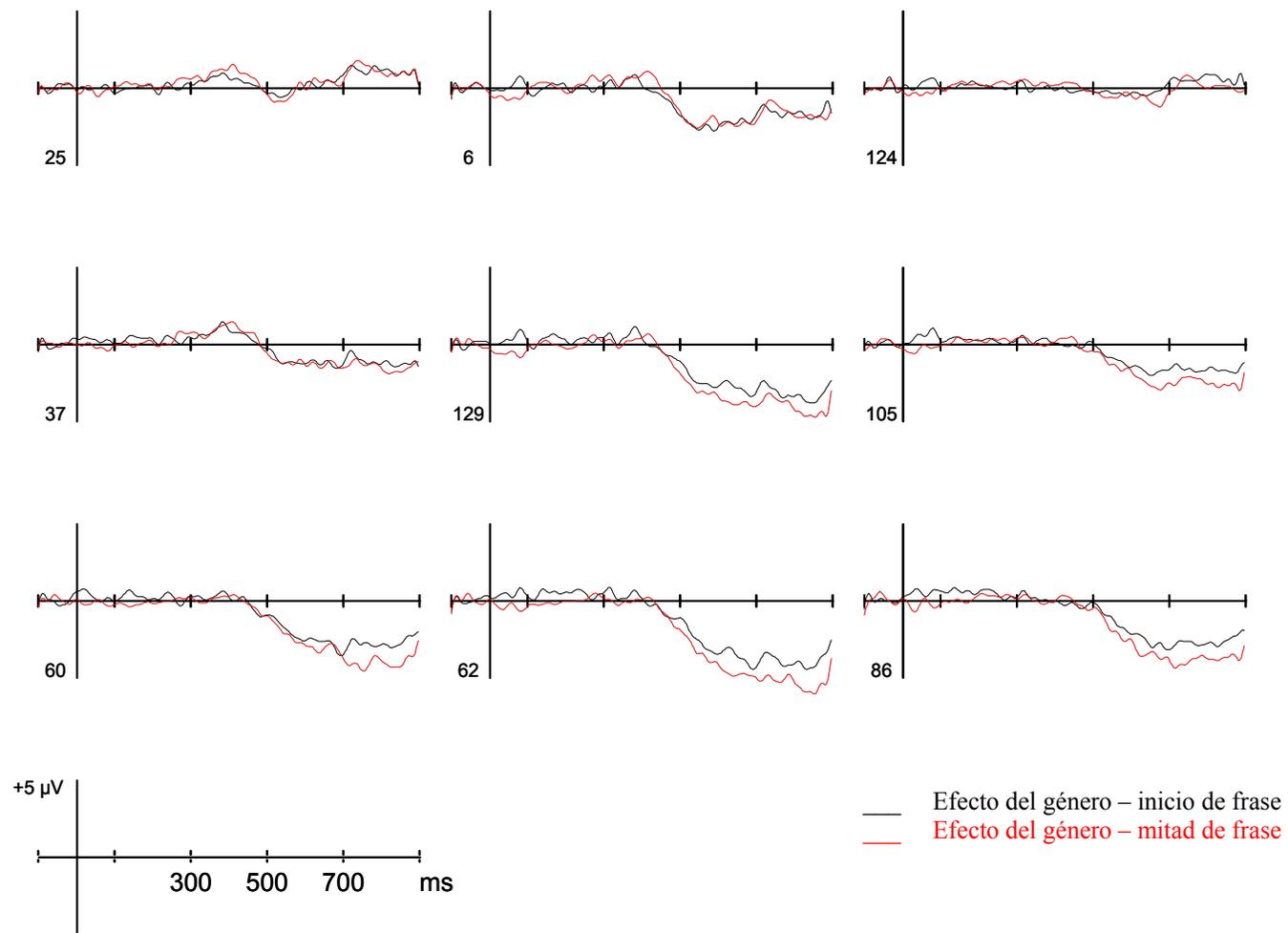


Figura 4.6. Efectos de la no concordancia de género en las dos posiciones de las frases. Estos efectos se representan mediante ondas diferencia que son el resultado de substraer la condición de no concordancia en género a la condición de concordancia. Los efectos son mayores en la mitad de frase (concordancia intersintagma).



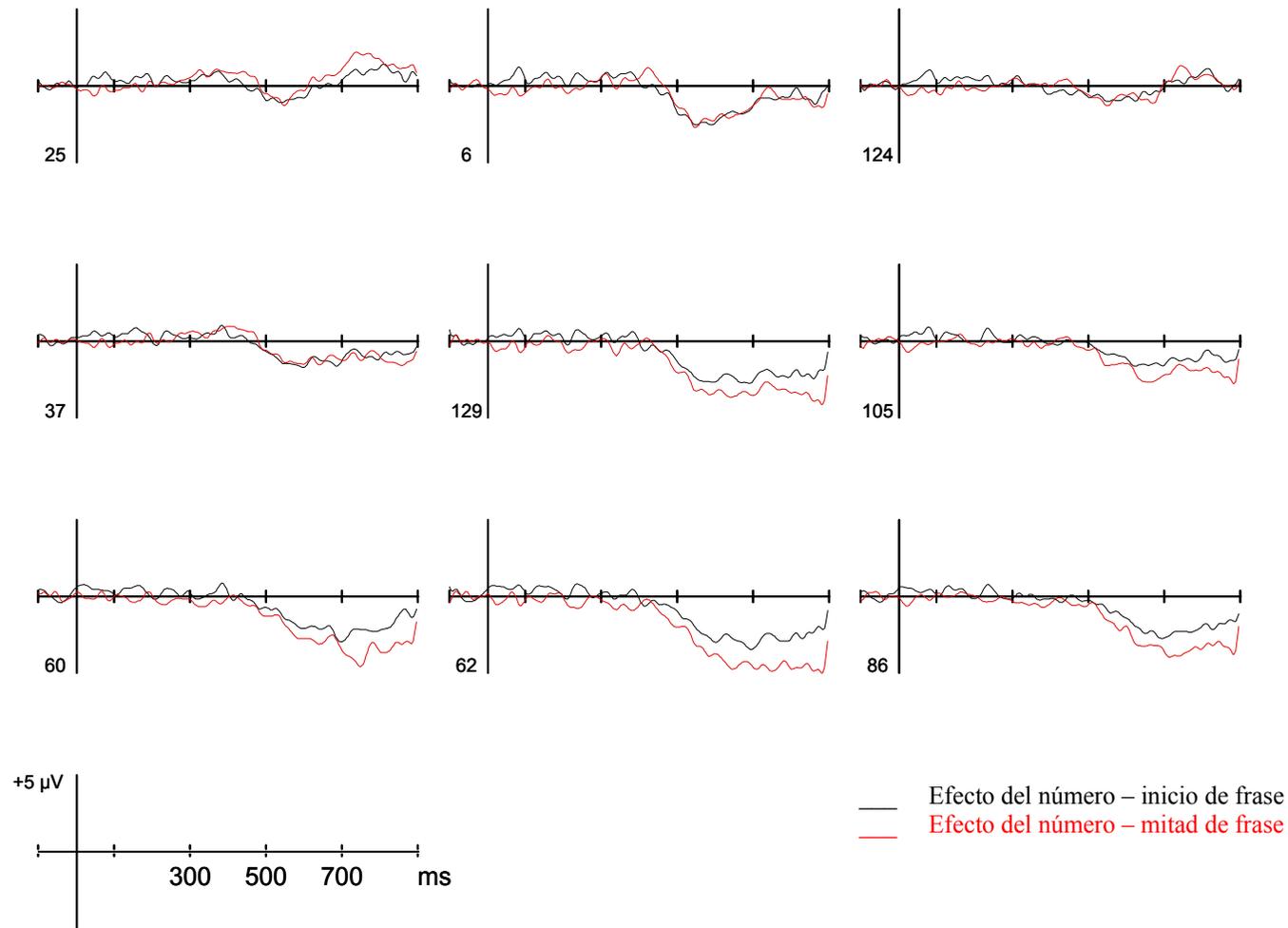


Figura 4.7. Efectos de la no concordancia de número en las dos posiciones de las frases. Estos efectos se representan mediante ondas diferencia que son el resultado de substraer la condición de no concordancia en número a la condición de concordancia. Los efectos son mayores en la mitad de frase (concordancia intersintagma).



#### **4.4.- DISCUSIÓN**

Los datos obtenidos en este experimento muestran que la lectura de frases en las que se violan las normas de concordancia gramatical produce efectos sobre los componentes denominados LAN y P600.

El efecto LAN es una diferencia de voltaje que se produce entre los 300 y los 400 ms y que se localiza sobre la zona anterior del hemisferio izquierdo. En esta diferencia, las ondas correspondientes a las frases que violan la concordancia gramatical presentan amplitudes más negativas que las que muestran las ondas correspondientes a las frases gramaticalmente correctas. En anteriores investigaciones este efecto se ha descrito de forma poco consistente, ya que se ha encontrado en algunos trabajos que manipularon la concordancia gramatical (Gunter et al., 2000), pero en otros sólo se observaron pequeñas diferencias que no llegaron a ser estadísticamente significativas (Hagoort y Brown, 1999 y 2000).

En cuanto a la comparación entre los dos tipos de condiciones de no concordancia, los datos no apoyan la existencia de diferencias entre ellas. A pesar de que los efectos de la violación de la concordancia de género resultaron ser más robustos que los de los de la violación de número, las comparaciones entre ambos efectos no indican que esta diferencia sea estadísticamente relevante. En cualquier caso, a la vista de estos resultados no podemos confirmar nuestra hipótesis inicial que predecía que la violación de número iba a producir un efecto cuantitativamente mayor que la violación de género sobre este componente. Esta diferencia podría haber indicado una mayor relevancia del papel de la concordancia de número en los primeros procesos de integración sintáctica frente al papel de la concordancia de género. Por el contrario, la tendencia de los datos parece ser la contraria, lo que indica que la concordancia de género también tiene influencia sobre estos procesos de integración sintáctica que tienen lugar en un momento relativamente temprano. El impacto de la violación de la concordancia de género en los procesos que refleja la LAN es, al menos, de igual intensidad que el que ejerce la no concordancia de número.

El segundo efecto importante que se produce ante la violación de la concordancia gramatical es la modificación de la amplitud del componente P600. A

partir de los 500 ms las amplitudes de las ondas correspondientes a las condiciones de no concordancia tienden a presentar amplitudes más positivas, manteniéndose esta tendencia durante varios cientos de milisegundos. El análisis de los dos segmentos diferentes de la P600 ha mostrado ligeras diferencias en cuanto a la distribución del componente. Durante los primeros 200 ms tras el inicio del efecto, éste se presenta ampliamente distribuido, extendiéndose a lo largo de todo el eje anterior-posterior, aunque presentando las mayores amplitudes en las zonas posteriores. A partir de los 700 ms el efecto tiende a desaparecer en los electrodos de la zona anterior, mientras permanece en los posteriores hasta más allá de los 900 ms. En cuanto a la lateralización del efecto, aunque afecta a ambos hemisferios, aparece con mayor intensidad sobre el hemisferio derecho. En el segundo segmento (de 700 a 900 ms) la localización posterior y derecha del efecto se acompaña de diferencias de signo contrario en la zona anterior del hemisferio izquierdo. Esta inversión de la polaridad puede estar indicando que ambos efectos son el resultado de cambios de voltaje generados por un mismo dipolo situado en algún punto entre ellos.

La aparición del efecto P600 en respuesta a la violación de la concordancia gramatical replica los resultados previos encontrados ante distintos tipos de violaciones sintácticas, incluidas las de las reglas morfosintácticas (Hagoort, Brown y Osterhout, 1999). Como se comentó anteriormente este efecto puede estar indicando la imposibilidad de integrar sintácticamente la palabra que no concuerda, así como los procesos relacionados con el reanálisis o intento de reparación del error encontrado.

La comparación entre los efectos de la no concordancia en género con los de la no concordancia en número mostró diferencias significativas solamente en el segundo segmento de la P600. En este caso, la no concordancia de género muestra un efecto mayor que la no concordancia de número. Esta diferencia se encuentra en los electrodos posteriores, tanto en los de la línea media como sobre los laterales. En el caso de los grupos de electrodos laterales la diferencia es mayor en el hemisferio derecho que en el izquierdo. Por lo tanto, la localización de la diferencia entre las dos condiciones de no concordancia es la misma que la del efecto P600 en general. Esto apoya la idea de que

dicha diferencia se debe solamente a un cambio de magnitud del efecto, que es cualitativamente el mismo en las dos condiciones de no concordancia<sup>31</sup>.

El hecho de que la diferencia entre las dos condiciones de no concordancia se produzca tan tarde en el tiempo (a partir de los 750-800 ms) nos obliga a considerar la posible influencia del procesamiento de la palabra que sigue al *target*. En el caso del sustantivo situado al inicio de frase, la siguiente palabra es el verbo. El verbo incluye información de número que ha de concordar con el sintagma nominal, pero no contiene información de género. Por lo tanto, cuando se lee el verbo, éste aporta información que permite resolver la momentánea inconsistencia planteada entre el número del artículo y el del sustantivo. Por el contrario, la lectura del verbo no ayuda a resolver el problema cuando la inconsistencia es relativa al género. Si tenemos en cuenta que el SOA entre palabras era de 600 ms, podría plantearse que a los 750-800 ms ya se haya procesado algún tipo de información morfológica del verbo que produzca la atenuación del efecto en el caso de la no concordancia de número, mientras que en el caso de la no concordancia en género dicha atenuación no se produciría porque el verbo no resuelve la inconsistencia. Sin embargo, esta posible interpretación de las diferencias encontradas no puede aplicarse al caso de la manipulación realizada a mitad de frase. En este caso, la palabra analizada precedía a una conjunción o a una preposición, palabras que no contienen información ni de género ni de número y que por lo tanto en ningún caso ayudarían a resolver las inconsistencias. Aunque en la posición de mitad de frase la diferencia es sensiblemente menor, también está presente. Por otro lado, la propuesta de que en los primeros 200 ms del procesamiento del verbo, su información morfológica puede estar disponible y ser utilizada de cara a la integración general de la frase, es contradictoria con los efectos tardíos de la integración sintáctica que se observan en el resto de los datos. A esto hay que añadir que las diferencias encontradas al inicio de frase pueden comenzar incluso antes de esta ventana temporal.

Otra interpretación sobre las diferencias encontradas entre los efectos de género y de número puede darse atribuyendo diferentes procesos a los dos momentos de la P600. Aunque de forma muy provisional, algunos autores (Hagoort, Brown y

---

<sup>31</sup> Tal equivalencia no se puede establecer con total seguridad, ya que dos generadores diferentes pueden producir efectos equivalentes sobre el mismo punto de la superficie de cráneo.

Osterhout, 1999) han propuesto que la P600 puede reflejar al menos dos procesos diferentes. El primero estaría relacionado con la dificultad con la que una determinada estructura sintáctica es integrada y tendría una distribución que abarcaría tanto zonas anteriores como posteriores. El segundo se localizaría en las zonas posteriores, se produciría más tarde o se extendería durante un periodo más largo de tiempo, y estaría relacionado con el reprocesamiento de la información disponible de cara a detectar errores e intentar repararlos. En nuestros datos, las diferencias entre los efectos de los dos tipos de no concordancia coincidirían con este segundo componente por su distribución y latencia. Por lo tanto, pueden estar reflejando que los procesos de reanálisis o reparación desencadenados por una inconsistencia de la información de género son más costosos y por lo tanto, producen mayor activación que los desencadenados por la inconsistencia del número. Esta explicación es consistente con las conclusiones del trabajo de Faussart et al., (1999) sobre el *priming* gramatical. Los resultados de esta investigación mostraron que la no concordancia de género produce un efecto de interferencia mayor que el de la no concordancia de número. Faussart et al. consideran que, ante una violación de la concordancia de género, el reanálisis requiere el reprocesamiento de los procesos de integración sintáctica, pero también, y debido a que el género es una característica asociada al léxico, será necesaria la comprobación de los pasos relacionados con el acceso al léxico. Por el contrario, en el caso de que se plantearan problemas con la información de número, solamente se necesitaría comprobar los procesos relacionados con la integración sintáctica, ya que el número no estaría reflejado en la representación léxica.

### **Efecto de la posición**

Los efectos descritos se encontraron en las dos posiciones de la frase en las que se manipuló la concordancia gramatical. Al inicio de frase, la violación se producía entre los dos elementos que constituían el sintagma nominal, mientras que en la manipulación realizada a mitad de la frases, la manipulación afectaba a la concordancia que se tenía que establecer entre el sintagma nominal y el adjetivo postverbal. Por esta razón, se esperaba que establecer las relaciones de concordancia entre elementos del mismo sintagma requiriera menos recursos que la concordancia intersintagma, y por lo tanto los

efectos de las violaciones fueran mayores en la posición de mitad de frase. Aunque ninguno de los análisis mostró diferencias significativas en relación a la posición en la que se realizó la manipulación, tanto en los dos efectos descritos (LAN y P600), como en los dos tipos de violaciones (de género y de número), se observa una tendencia en este sentido en los dos efectos.

El efecto sobre la LAN tiende a ser más débil al inicio de frase que a mitad de frase. En relación con esta diferencia, es importante considerar que la condición de concordancia, y por lo tanto la línea base respecto a la que se mide el efecto, varía de una posición a otra. Esta variación se debe a cambios de amplitud del componente N400, por lo que se produce en la misma ventana temporal que la LAN y afecta también, entre otros, a los electrodos situados en la zona anterior izquierda. Durante la lectura de frases sintácticamente correctas y semánticamente plausibles la N400 disminuye su amplitud a medida que se avanza en la lectura de la frase. Esto se debe a que el contexto adquiere más importancia a medida que se integra mayor cantidad de información (Van Petten y Kutas, 1990). Por esta razón, la diferencia en la amplitud de la N400 que encontramos entre las dos posiciones es compatible con los resultados y modelos descritos anteriormente acerca de este componente. En principio, el solapamiento del efecto N400 con el de la LAN debería afectar por igual a todas las condiciones experimentales. Sin embargo, la inspección de los grandes promedios sugiere que el efecto se da exclusivamente en la condición de concordancia. Esta interacción entre los efectos podría estar provocando el oscurecimiento del efecto LAN en la posición de inicio de frase. Sin embargo, también queda abierta la posibilidad de que los procesos que establecen la concordancia a mitad de frase requieran más recursos que los que establecen la misma concordancia al inicio, provocando así un mayor impacto la violación de la concordancia a mitad de frase o entre sintagmas.

En cuanto al efecto de la P600, también éste muestra una tendencia a ser mayor en la posición de mitad de frase respecto a la posición de inicio de frase. Esta diferencia se observa solamente en las zonas posteriores, mostrando nuevamente una disociación entre los efectos anteriores y los posteriores de la P600. Previamente hemos relacionado los efectos anteriores de la P600 con la dificultad en la integración sintáctica y los posteriores con los procesos de reanálisis. Las diferencias encontradas entre las dos

posiciones de nuestro experimento, de haber sido significativas, hubieran apoyado esta hipótesis. Es de esperar que la detección de la no concordancia o la dificultad de integración puedan ser similares si la violación se produce al inicio o a mitad de frase, pero el reanálisis aumentará su complejidad cuanto más información esté implicada y cuanto mayores sean las distancias en las que se establecen las relaciones de concordancia. De esta manera sólo los procesos de reanálisis o reparación incrementan el efecto de la P600 sobre los electrodos posteriores a medida que aumenta la complejidad sintáctica.

En resumen, podemos concluir a partir de los datos obtenidos en este primer experimento, que las manipulaciones realizadas sobre la concordancia gramatical produjeron los efectos esperados. Es decir, la violación de la concordancia gramatical produjo efectos del tipo LAN y P600. Estos efectos mostraron una tendencia (no significativa) a ser mayores cuando la manipulación se hizo a mitad de frase (intersintagma) respecto a cuando se hizo al inicio de frase (intrasintagma). Los efectos producidos por la violación de la no concordancia de género y los producidos por la no concordancia de número no presentaron diferencias cualitativas entre sí. En cuanto a la magnitud de los efectos, no se confirmó la hipótesis de que la no concordancia de número produciría un mayor efecto sobre la LAN que la no concordancia de género, encontrándose en ambos casos efectos similares. En cuanto a la P600, sí se constató que el efecto de la concordancia de género fue mayor que la de número, y este resultado apunta a una mayor complejidad en los procesos de reanálisis en el caso de la transgresión de la concordancia de género respecto a la de número.

En el siguiente experimento, contrastaremos de nuevo la hipótesis que mantiene que la información de género y la de número son tratadas de distinta manera en los procesos de integración sintáctica, y concretamente exploraremos el modelo propuesto por Faussart et al. (1999) sobre los procesos de reanálisis, utilizando un diseño similar al que emplearon estos autores. Además, utilizando pares de palabras esperamos aislar el efecto del procesamiento de la concordancia entre pares de palabras de otros procesos relacionados con establecimiento de la estructura sintáctica general de la frase. Del mismo modo, se evitará la influencia de otras palabras que pueden estar implicadas en

los procesos de concordancia, como ha sido el caso del verbo en las frases de este experimento.



## 5.- EXPERIMENTO 2: Concordancia gramatical en pares de palabras

En este experimento se analiza el efecto de la concordancia gramatical en palabras presentadas visualmente de dos en dos. Se eligió este tipo de presentación debido a que algunas de las diferencias descritas entre el procesamiento del género y el del número están relacionadas con la representación o recuperación de las palabras (Domínguez et al., 1999) o con su integración a este nivel (Faussart et al., 1999). Según nuestra propuesta, las diferencias encontradas en el experimento anterior entre el procesamiento de la concordancia de género y la de número podrían tener su origen en el tipo de información que se asocia a las representaciones léxicas y a sus consecuencias en los procesos de reanálisis tras la detección de una violación. Con este nuevo diseño experimental, se pretende analizar si las diferencias entre el procesamiento del género y del número, se producen en procesos específicamente relacionados con la integración léxica y no con procesos más globales de análisis sintáctico. Por otro lado, al utilizar en un contexto diferente las mismas palabras que fueron presentadas en las frases como *targets*, se pretende determinar qué efectos de los observados en el experimento 1 se mantienen y cuáles no. Esta comparación puede aportar información que permita avanzar en la definición funcional de componentes como la LAN y la P600.

Los participantes en el experimento leyeron pares de palabras y realizaron una tarea que consistía en decidir si las palabras de cada par concordaban gramaticalmente entre sí o no. Los pares de palabras podían concordar en género y número, no concordar en género, no concordar en número o no concordar ni en género ni en número. De esta manera, se pudo analizar si existían diferencias entre la lectura de los pares que concordaban y los que no concordaban gramaticalmente, y dentro de estos últimos, si a su vez existían diferencias entre los que no concordaban en género y los que no concordaban en número. Finalmente, se añadió la condición de doble violación, en la que no existía concordancia ni en género ni en número, para determinar así si ambos efectos son aditivos o no.

Para formar los pares de palabras se utilizaron las mismas palabras *target* que se presentaron en el experimento 1 y sus antecedentes en las frases. De esta manera, de la frase “*el piano estaba desafinado*” se extrajo el par “*el-piano*” y de la frase “*El faro es alto y*

*luminoso*” se obtuvo el par “*faro-alto*”. Por lo tanto, la mitad de los pares de palabras utilizados en este experimento estaban compuestos por un sustantivo seguido de un adjetivo, mientras que la otra mitad se formaba con un artículo determinado seguido de un sustantivo. Es importante considerar los efectos de estos pares de palabras por separado, ya que presentan características léxicas y gramaticales diferentes con importantes implicaciones de cara a los procesos de integración que se pretenden estudiar:

1) En el caso del artículo-sustantivo, el *target* es un sustantivo cuyo género es invariable. Sin embargo, en el par sustantivo-adjetivo el *target* es el adjetivo, el cual sí posee género variable. Por lo tanto, además de pertenecer a tipos de vocabulario diferentes, esta característica de su morfología puede tener repercusiones a la hora de acceder a ellas y de integrarlas gramaticalmente. Por ejemplo, es posible que ante la lectura de una raíz morfológica que admite las dos marcas de género, ambas formas se activen inicialmente y posteriormente una de ellas sea inhibida, mientras que esto no ocurriría cuando la raíz sólo admite una de las posibilidades.

2) La ausencia de concordancia gramatical puede tener consecuencias en el campo semántico en el caso de los pares sustantivo-adjetivo, pero no en los pares artículo-nombre.

3) Si las palabras función se almacenan y/o procesan en zonas anteriores del hemisferio izquierdo y las palabras contenido lo hacen en zonas más ampliamente distribuidas del cortex (Pulvermüller, 1996), su integración puede producir efectos con diferente topografía sobre el cuero cabelludo, ya que para que esta integración se produzca, se requiere la activación simultánea de dos palabras de contenido en un caso y de una de contenido y otra de función en el otro caso.

4) Los dos tipos de pares difieren también en su significación desde el punto de vista sintáctico. El par artículo-sustantivo puede constituir por sí mismo un sintagma determinante, mientras que podemos decir que el par sustantivo-adjetivo no constituye una unidad sintáctica autónoma, ya que necesitaría al menos de un determinante para formar un sintagma adjetival. En esta línea, con medidas conductuales se han encontrado efectos diferentes en la concordancia /no concordancia de pares de palabras

cuando los integrantes del par son una palabra función seguida de una de contenido frente a cuando son dos palabras de contenido (Colé y Seguí, 1994).

### **5.1.- HIPÓTESIS**

A partir de las diferentes condiciones de concordancia gramatical se establecieron las siguientes hipótesis para el presente experimento:

**1ª hipótesis:** La violación de la concordancia gramatical producirá una mayor amplitud en algunos de los componentes descritos anteriormente relacionados con la integración del lenguaje. Si dicha integración se realiza siguiendo un análisis sintáctico similar al de la lectura normal, se producirá un efecto sobre la LAN similar al encontrado en el experimento anterior. Sin embargo, el efecto P600/SPS, que también aparece en el experimento 1, se ha relacionado con procesos de revisión y/o reparación de transgresiones gramaticales en el contexto de la lectura, por lo que no se espera encontrar este tipo de efectos con un material y una tarea que no requieren la creación de una estructura sintáctica compleja. Por otro lado y dado el tipo de tarea, si la integración se realiza atendiendo a los rasgos léxicos de las palabras, el componente afectado será el N400, el cual aumentará su amplitud cuando no se dé la no concordancia, en la misma ventana temporal que la LAN pero con distribución posterior.

**2ª hipótesis:** El efecto para las violaciones de género será diferente que para las violaciones de número. Estas diferencias pueden manifestarse en los componentes anteriormente citados. Debido a que el género está más asociado a las características léxicas de las palabras, es posible que sus efectos se vean reflejados en el componente N400. Por el contrario, al ser el número una característica conceptual menos influyente en el nivel léxico y al no producirse transgresiones estrictamente semánticas, se espera que influya exclusivamente en procesos de tipo sintáctico, mostrando su efecto sobre negatividades de distribución anterior.

**3ª hipótesis:** En caso de encontrarse las diferencias predichas entre la condición de no concordancia en género y la de no concordancia en número, el efecto sobre la condición de doble violación será una combinación de ambos. Es decir, si los dos

efectos por separado afectan a componentes diferentes, cuando ambos efectos se den simultáneamente ambos componentes se verán afectados.

Tal y como se señaló anteriormente, los efectos de la concordancia/no concordancia gramatical pueden verse modulados por el tipo de par de palabra debido a las importantes diferencias que existen entre ellos:

- 1) El hecho de que el género sea variable en el caso de los adjetivos y no en el caso de los sustantivos puede producir diferencias entre los PREs de los dos tipos de pares, aunque estas diferencias se darían solamente en los casos de no concordancia de género, pero no en los de no concordancia de número.
- 2) La mayor trascendencia de la no concordancia en los pares sustantivo-adjetivo de cara a la integración semántica puede tener como consecuencia un aumento de amplitud de la N400 en los casos de no concordancia de este tipo de par.
- 3) La integración de palabras de función con palabras de contenido puede producir efectos en la zona anterior-izquierda que no estén presentes cuando la integración se realice entre dos palabras de contenido.
- 4) La integración del par artículo-sustantivo posee más relevancia para la creación de una hipotética estructura sintáctica que la del par sustantivo-adjetivo, por lo que esta característica puede determinar la aparición del componente LAN sólo en los pares artículo-sustantivo.

## 5.2.- MÉTODO

### 5.2.1.- Participantes

Participaron en el experimento 30 personas. Sin embargo, algunos de estos sujetos no fueron analizados. Tres sujetos presentaron registros con demasiados artefactos, promedios anómalos o demasiado planos. Dos sujetos presentaron un número excesivo de movimientos oculares y/o parpadeos (ver criterios en el apartado 3.5), y otro fue eliminado por presentar demasiados errores en la tarea. Por lo tanto, el número final de registros analizados fue de 24.

Ninguna de estas personas había tomado parte en el experimento número 1, ni conocía los objetivos concretos de la investigación.

Las edades de los participantes variaron entre los 18 y los 32 años, con una media de 21.2 (DT=4.8).

En cuanto a la división por sexo, 14 de los participantes eran mujeres y los otros 10 eran hombres.

De los 24 participantes 6 manifestaron tener o haber tenido al menos un pariente directo zurdo.

### 5.2.2.- Estímulos

Para formar los pares de palabras de todas las condiciones experimentales se extrajeron palabras de las frases del experimento 1, se pretendió de esta manera que los estímulos analizados y las condiciones experimentales fueran equivalentes entre los dos experimentos. Por lo tanto, se utilizaron las mismas palabras *target* del experimento 1 precedidas de palabras con las que concordaban en las frases. De esta manera, de la frase “*el piano estaba desafinado*” se extrajo el par “*el piano*” y de la frase “*El faro es alto y luminoso*” se obtuvo el par “*faro-alto*”. Por lo tanto, la mitad de los pares estaban compuestos por un artículo determinado (*el, la, los, las*) más un sustantivo (p.ej. *piano*), y la otra mitad estaba formada por un sustantivo (p.ej. *faro*) más un adjetivo (p.ej. *alto*). En la lista de pares sustantivo-adjetivo se añadieron 40 pares adicionales para formar una nueva condición experimental y otros 40 pares para formar una condición de control.

En total se presentaron 400 pares de palabras:

Los **pares sustantivo-adjetivo** se subdividían en cuatro condiciones experimentales y una de control.

- 1.- Concordancia gramatical: pares que concuerdan en género y número (p.ej. *faro-alto*).
- 2.- No concordancia en género: pares que concuerdan en número pero no en género (p.ej. *faro-alta*).
- 3.- No concordancia en número: pares que concuerdan en género pero no en número (p.ej. *faro-altos*).

4.- Doble violación: pares que no concuerdan ni en género ni en número (p.ej. *faro-altas*).

Se realizaron cuatro listas diferentes, de manera que cada par de palabras pasara por cada condición experimental a través de diferentes grupos de sujetos, aunque cada sujeto vio cada par solamente en una de sus versiones.

Además se añadió otra lista más de pares sustantivo-adjetivo:

5.- Condición de control con adjetivos comunes: pares que concuerdan en género y en número, pero con adjetivos de género común (p.ej. *triste*).

Esta condición se introdujo como control de la de concordancia gramatical para descartar los posibles efectos de la rima fonológica que se producen en esta última. Se da la circunstancia de que las palabras en la condición de concordancia comparten la última vocal (p.ej. la “-o” en el caso de *faro-alto* o *faros-altos*), pero en los casos en que no existe concordancia en género (p.ej. *faro-alta* o *faro-altas*) este solapamiento no se produce. Pares como “*poesía-triste*” son equivalentes (desde el punto de vista de la concordancia gramatical) a pares como “*faro-alto*”, pero no presentan el solapamiento fonológico de la última vocal. De encontrarse efectos en las condiciones de no concordancia frente a las dos de concordancia pero no entre las de concordancia entre sí, podremos descartar que los efectos se deban a la ruptura de la rima.

Los **pares artículo-sustantivo** se subdividieron en 3 condiciones experimentales y 2 de relleno, con 40 ítems por condición:

1.- Concordancia gramatical: pares que concuerdan en género y en número (*el-piano*).

2.- No concordancia en género: pares que concuerdan en número pero no en género (*la-piano*).

3.- No concordancia en número: pares que concuerdan en género pero no en número (*los-piano*).

La asignación de pares a estas condiciones también se balanceó entre sí, de manera que cada par se presentó en cada una de las condiciones pero cada sujeto vio una sola de las versiones. Sin embargo, en este caso el género del sustantivo ha de permanecer constante, ya que los sustantivos utilizados sólo presentan género morfológico y sintáctico, por lo que no presentan las dos opciones de género. Por lo

tanto, en estas listas fueron las primeras palabras de cada par (el artículo) las que se modificaron a través de las diferentes condiciones<sup>32</sup>.

Debido a la duración total del experimento no fue posible incluir la condición de doble violación en las dos listas de palabras. Esta condición se incluyó solamente en la de pares sustantivo-adjetivo, para que la lista de pares artículo-sustantivo permaneciera exactamente igual a la de pares de palabras analizados al principio de frase en el experimento 1, ya que estas palabras permiten una comparación directa entre experimentos libre de la influencia de otras palabras.

Ya que la lista de pares de palabras sustantivo-adjetivo posee cuatro condiciones experimentales diferentes y la de pares artículo-sustantivo sólo tres, fue necesario crear 12 grupos diferentes de contrabalanceo para que todas las frases pasaran por todas las condiciones presentándose el mismo número de veces al conjunto de sujetos.

4.- Condición de relleno: pares que concuerdan en género y en número, con sustantivos de género morfológico opaco (p.ej. *el reloj*) o en los que no coincide el género morfológico y el sintáctico (p.ej. *el aula, la radio*). Esta condición incluía 80 ítems.

Estos ítems de relleno se añadieron para equilibrar el número de pares que concordaban con los que no concordaban y además para evitar que los sujetos establecieran estrategias que les permitieran resolver la tarea atendiendo sólo a los sufijos de las palabras.

En la tabla 5.1 se resumen los distintos tipos de condiciones experimentales con sus respectivos ejemplos.

<sup>32</sup> Al igual que se explicó en el experimento 1, esta circunstancia de que varíe en una lista el *prime* y en otra el *target*, pudo haberse evitado, pero a costa de introducir modificaciones en el diseño que planteaban problemas adicionales. Por ejemplo, en los pares del tipo artículo-sustantivo se podían haber utilizado sustantivos con género semántico y por lo tanto variable. Sin embargo, es muy posible que el procesamiento del género morfo-sintáctico difiera del de género semántico, por lo que sería cuestionable la equivalencia de estos pares respecto a los sustantivo-adjetivo utilizados en la otra lista. Por otro lado, utilizar sustantivos de género semántico en ambas listas, hubiera requerido un número de este tipo de palabras demasiado elevado, y por lo tanto no disponible en español. También se podían haber utilizado los adjetivos como *primes* y los sustantivos siempre como *targets*, pero en este caso se alteraba el orden canónico de conjunción de palabras en español. En cualquier caso, se pretendía que el diseño fuera lo más parecido posible al del experimento 1.

**Comentario:** Este problema de tener que variar en una lista el *prime* y en otra el *target*, pudo haberse resuelto utilizando en los pares de artículo-sustantivo, sustantivos con género semántico y por lo tanto variable. Sin embargo, es muy posible que el procesamiento del género morfo-sintáctico difiera del género semántico, por lo que sería cuestionable la equivalencia de estos pares respecto a los sustantivo-adjetivo utilizados en la otra lista. Por otro lado, utilizar sustantivos de género semántico en ambas listas, hubiera supuesto un número de este tipo de palabras demasiado elevado (280), y por lo tanto no disponible en español. Además, los sustantivos de género semántico suelen presentar grandes diferencias de frecuencia léxica entre sus distintas versiones ya que el masculino en muchos casos presenta una forma equivalente al neutro (comparece por ejemplo la frecuencia de *niños*=... frente a la de *niñas*=...), por otro lado muchos de estas palabras hacen referencia a profesiones por lo que también existe un sesgo de frecuencia asociado a los estereotipos de estas profesiones (comparece por ejemplo la frecuencia de *doctor* =... frente a *doctora*=...). Finalmente, otra opción hubiera sido utilizar adjetivos como *targets* en ambas listas. El problema que presentan estos pares es que la aparición en nuestra lengua de pares del tipo artículo-adjetivo (*el alto*) es muy poco frecuente, sobre todo en comparación con los pares sustantivo-adjetivo, por lo que también sería cuestionable la equivalencia de ambos tipos de pares. Aunque todas estas posibles alternativas fueron desechadas para este trabajo concreto por las razones expuestas, pueden ser consideradas como objeto de estudio por separado en futuras investigaciones.

Tipo de pares de palabras	Condiciones	Ejemplos
<b>SUSTANTIVO ADJETIVO</b>	Concordancia (adjetivo común)	poesía-triste
	CONCORDANCIA	faro-alto
	No concordancia en GÉNERO	faro-alta
	No concordancia en NÚMERO	faro-altos
	No c. ni en género ni en número	faro-altas
<b>ARTÍCULO SUSTANTIVO</b>	CONCORDANCIA	el-piano
	No concordancia en GÉNERO	la-piano
	No concordancia en NÚMERO	los-piano
	Relleno	el- reloj

Tabla 5.1 Diferentes condiciones en cada lista de palabras y ejemplos de cada una de ellas.

En total, de los 400 pares la mitad concordaba en género y número y la otra mitad pertenecía a alguna de las condiciones de no concordancia.

Además, dentro de cada condición existía el mismo número de palabras masculinas, femeninas, singulares y plurales, dándose de manera equivalente todas las posibles combinaciones entre ellas:

Masculino singular – Masculino singular

Masculino singular – Femenino singular

Masculino singular – Masculino plural

Masculino singular – Femenino plural

Femenino singular – Masculino singular

Femenino singular – Femenino singular

Femenino singular – Masculino plural

Femenino singular – Femenino plural

Como se indicó en el experimento 1, todas las palabras utilizadas como *targets* en las condiciones experimentales eran de frecuencia de uso media o alta y estaban compuestas por 2 ó 3 sílabas (entre 3 y 7 letras). Las frecuencias de uso medias de los *targets* para cada condición experimental eran equivalentes en cada grupo de

contrabalanceo. Las frecuencia de uso de las palabras se obtuvieron de la base de datos LEXESP (Sebastián-Gallés et al., 2000).

Aunque las dos listas de pares diferentes (sustantivo-adjetivo y artículo-sustantivo) no se contrabalancearon entre sí, la frecuencia media de los *targets* y la longitud media de las palabras de ambas listas fueron equivalentes. Como se señaló anteriormente, cada segunda palabra de los pares experimentales sustantivo-adjetivo apareció en sus distintas versiones de género y número en cada grupo de contrabalanceo. Por esta razón, la frecuencia léxica de estos *targets* puede variar ligeramente de un grupo a otro (p.ej. la palabra “alto” es más frecuente que la palabra “altos”). Esto no ocurre con los pares artículo-sustantivo ya que en este caso el *target* se mantuvo invariable a través de los diferentes grupos y condiciones. En la tabla 5.2 se muestran los valores de frecuencia léxica de los *targets* según el LEXESP (Sebastián-Gallés et al., 2000). En el caso de los adjetivos la frecuencia señalada es la frecuencia de la raíz, es decir, la frecuencia acumulada de las cuatro versiones (masculina, femenina, singular y plural) dividida entre 4.

	Número de pares	Frecuencia	$\sigma$
<b>Sustantivo-Adjetivo (género común)</b>	40	34.95	39.15
<b>Sustantivo-ADJETIVO</b>	160	23.27	47.48
<b>Artículo-SUSTANTIVO</b>	120	20.19	25.50

Tabla 5.2. Frecuencia léxica media (y desviación típica) de las palabras *target* de cada lista y número de pares por lista. Frecuencia=  $1/10^5$ .

En el anexo 6 se incluyen la totalidad de los pares de palabras en la versión de concordancia.

### 5.2.3.- Procedimiento

Tras la preparación y colocación de electrodos, a los participantes se les leyó las instrucciones y realizaron 10 ensayos de ejemplo. Seguidamente realizaron el

experimento propiamente dicho. Todos los pares fueron presentados en un orden pseudoaleatorio, diferente para cada sujeto.

La secuencia de aparición de los estímulos fue la siguiente:

- Presentación de un punto de fijación en el centro de la pantalla durante 1800 ms. Como punto de fijación se utilizó el signo “+”.
- Intervalo sin estímulo de 200 ms.
- Presentación de la primera palabra durante 300 ms.
- Intervalo sin estímulo de 500 ms.
- Presentación de la segunda palabra durante 300 ms.
- Respuesta. El sujeto tenía que responder tras la lectura de la segunda palabra. En las instrucciones no se le pedía al participante que diera la respuesta lo más rápido posible, sin embargo sí se le indicaba que tenía un tiempo máximo de 2000 ms a partir de la presentación de la segunda palabra.
- Tras la respuesta de sujeto o tras los 2000 ms después de la presentación del *target* se repetía de forma automática la misma secuencia con el siguiente par de palabras. Entre una secuencia y otra se introdujo un intervalo con la pantalla en blanco de duración variable entre 1000 y 1500 ms. Al igual que en el experimento 1, el tiempo de este intervalo iba variando de ensayo en ensayo para evitar que se produjera una sincronización entre determinadas ondas estables del EEG y la presentación de los estímulos.

El SOA utilizado, por lo tanto, fue de 800 ms. A pesar de que este SOA puede considerarse relativamente largo, se eligió por dos razones: primero porque así se evita la superposición de los efectos del procesamiento de la primera palabra sobre la onda producida por la lectura de la segunda palabra, y permite tomar una línea base previa a la presentación de esta segunda palabra libre de actividad. La segunda razón es que con un SOA largo se pretenden minimizar los efectos de la frecuencia léxica y de la repetición del *prime*. Hay que recordar que en la lista de pares de palabras del tipo artículo-sustantivo, los artículos se repiten a lo largo de los diferentes pares y además estas

palabras tienen una frecuencia de uso muy superior a las de los sustantivos utilizados en los pares sustantivo-adjetivo. Por otro lado, los trabajos previos que han utilizado este tipo de diseño para estudiar la concordancia gramatical han empleado este mismo SOA (Münte y Heinze, 1995).

Todas las palabras se presentaron en letras minúsculas, incluidas las letras con las que se iniciaba cada una de ellas. Se optó por presentar todas las letras en minúsculas, a diferencia del experimento anterior en el que la primera letra de la primera palabra de cada frase estaba en mayúsculas, porque el hecho de comenzar con una letra en mayúsculas puede darle a los pares de palabras una apariencia de inicio de frase. De esta manera se favorecería la integración sintáctica de los pares artículo-sustantivo frente a los sustantivo-adjetivo, ya que este último tipo de par de palabras rara vez aparece en el lenguaje cotidiano colocado al inicio de una frase.

Los participantes debían contestar si el par de palabras concordaban gramaticalmente o no por medio de las dos teclas asignadas con las etiquetas de “sí” y “no”. Se les instruyó para que realizaran la tarea pulsando estas teclas y se les pidió que intentaran parpadear solamente en los momentos en que estaba presente el punto de fijación. También se les dijo que debían darle más importancia a la precisión de las respuestas que a la rapidez de las mismas.

La duración media del experimento, sin contar con la fase de colocación de los electrodos ni la fase de entrenamiento, fue de 35 minutos.

#### **5.2.4.- Análisis**

Como medida complementaria a los datos electrofisiológicos, se analizaron las latencias de las respuestas dadas por los participantes. Con las medias de estas puntuaciones se realizaron ANOVAs o pruebas t para comparaciones entre medias. En este análisis se excluyeron todos los tiempos correspondientes a los pares de palabras en los que los sujetos dieron respuestas erróneas.

Los datos obtenidos en los diferentes registros fueron tratados siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3.5. Se analizaron los segmentos de EEG asociados a la presentación de las palabras consideradas como *targets*, es decir, la segunda

palabra de cada par. También aquí se incluyeron solamente las ondas asociadas a los pares de palabras en los que los participantes emitieron una respuesta correcta en la tarea de juicio gramatical.

Tras la inspección visual de los datos y atendiendo a los componentes de interés señalados anteriormente, se seleccionaron las siguientes ventanas temporales: entre los 300 y los 500 ms para el análisis de los componentes N400 y LAN, y entre los 500 y 700 ms para el componente P3. Teniendo en cuenta que en el experimento anterior los efectos sobre la LAN se encontraron entre los 300 y los 400 ms, algunos de los análisis se repitieron con esta ventana para intentar determinar la presencia de dicho efecto en las mismas condiciones. Los datos correspondientes a la amplitud de voltaje media de cada promedio en estas ventanas temporales fueron utilizados en las pruebas estadísticas.

También se realizó un análisis del componente P2 en un caso concreto. En este caso y dada la morfología de este componente, se realizó un análisis de amplitud de picos. Para cada promedio se tomaron los valores máximos presentes en la ventana temporal comprendida entre los 150 y los 300 ms.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de las latencias de los picos presentes en el último segmento de las ondas estudiadas que corresponden con el componente P3. Para ello, se calcularon los valores máximos para cada condición y sujeto dentro de la ventana temporal que iba desde los 450 a los 650 ms. Posteriormente, se analizaron los valores correspondientes a las latencias de estas amplitudes máximas.

En el siguiente apartado se muestran las gráficas resultantes de los grandes promedios comentadas y los resultados de los diferentes análisis estadísticos.

En primer lugar, se comparan las diferentes condiciones de concordancia gramatical, las condiciones de concordancia gramatical en los dos tipos de pares de palabras, incluyendo la condición de adjetivos neutros.

A continuación se analiza el efecto de la falta de concordancia. Teniendo en cuenta que las dos listas de pares de palabras (sustantivo-adjetivo frente a artículo-sustantivo) presentan algunas peculiaridades (comentadas en los apartados 5.2.2 y 5.4) que pueden dificultar su comparación directa, se realizaron los análisis de ambas listas

por separado. Sin embargo, de cara a facilitar la exposición de los datos y teniendo en cuenta que no se dieron diferencias entre los resultados de ambas listas en relación con las hipótesis principales, se optó por presentar un estudio del efecto de la concordancia gramatical considerando ambos tipos de pares de palabras conjuntamente para posteriormente y por separado analizar las posibles diferencias existentes entre ambos tipos de pares. Por lo tanto, en el análisis del efecto de la falta de concordancia, cada condición experimental (concordancia, no concordancia en género y no concordancia en número) se compone en estos análisis de 80 ítems, 40 de cada tipo de par. En cualquier caso, los resultados de los análisis de los dos tipos de palabras por separado se presentan en el anexo 8.

Debido a que la condición de doble violación sólo se presentó en un tipo de pares de palabras (sustantivo-adjetivo), esta condición se analizó por separado comparándola solamente con las otras condiciones del mismo tipo de par de palabras.

Finalmente, fue analizado el efecto del tipo de vocabulario considerando solamente 4 condiciones de no concordancia gramatical (no concordancia en género y no concordancia en número en los dos tipos de pares de palabras) y comparándolas entre sí.

### **5.3.- RESULTADOS**

#### **5.3.1.- Medidas conductuales**

En ninguno de los participantes analizados el número de errores superó el 10% de total de ítems, y estos errores no se distribuyeron de forma asimétrica entre las diferentes condiciones. Por lo tanto, no se realizaron análisis estadísticos adicionales de los errores. En cualquier caso, el reducido número de errores indicó que los sujetos no tuvieron problemas en la lectura de las palabras con los tiempos de presentación utilizados y que realizaron la tarea sin dificultad.

Los tiempos de reacción de los participantes en la tarea de juicio de concordancia medidos en milisegundos fueron utilizados como variable dependiente en un ANOVA en el que se introdujo el factor concordancia gramatical con 3 niveles

(concordancia, no concordancia en género, y no concordancia en número) y el factor tipo de vocabulario con 2 niveles (pares sustantivo-adjetivo y pares artículo-sustantivo). La figura 5.1 representa las medias de las condiciones incluidas en este análisis. El ANOVA indicó diferencias significativas en el factor concordancia gramatical ( $F_{2,22}=12.29$ ;  $p<0.001$ ), y en el factor tipo de vocabulario ( $F_{1,23}=4.68$ ;  $p<0.05$ ).

Los contrastes a posteriori señalaron que las diferencias en la concordancia gramatical se encuentran entre la condición de concordancia y las condiciones de no concordancia en género ( $F_{1,23}=21.68$ ;  $p<0.001$ ) y no concordancia en número ( $F_{1,23}=21.06$ ;  $p<0.001$ ). Como puede verse en la figura 5.1, las latencias de respuesta medias de las condiciones de no concordancia son mayores que las de la condición de concordancia. También se observa que los tiempos de la condición de no concordancia en género son ligeramente inferiores a los de la condición de no concordancia en número, sin embargo esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa ( $F_{1,23}=2.27$ ;  $p=0.15$ ).

En relación con el efecto encontrado en el factor vocabulario, los contrastes mostraron que las diferencias se localizan exclusivamente en los pares de la condición de concordancia ( $F_{2,22}=8.04$ ;  $p<0.01$ ), pero no en los de no concordancia en número ( $F<1$ ) o en los de no concordancia en género ( $F_{2,22}=1.54$ ;  $p=0.23$ ). En los pares de la condición de concordancia los tiempos fueron menores en los pares artículo-sustantivo que en los pares sustantivo-adjetivo. Sin embargo, el análisis de la interacción entre la concordancia y el vocabulario no mostró un efecto significativo ( $F_{2,22}=3.03$ ;  $p=0.07$ ).

Como la condición de doble violación y la condición de adjetivos neutros sólo se presentaron en los pares sustantivo-adjetivo, se realizaron comparaciones de medias (pruebas t) entre las distintas condiciones de este tipo de par de palabras. En este caso, la condición de doble violación no es significativamente diferente de la condición de concordancia ( $t_{1,23}=0.12$ ;  $p=0.97$ ), pero sí lo es de la condición de no concordancia en género ( $t_{1,23}=4.07$ ;  $p<0.001$ ) y de la condición de no concordancia en número ( $t_{1,23}=5.63$ ;  $p<0.001$ ). Finalmente, la condición de concordancia no presentó efectos diferentes de los de la condición de concordancia con adjetivos neutros ( $t_{1,23}=1.7$ ;  $p=0.1$ ). En la figura 5.2 se representan las medias de todas las condiciones de pares sustantivo-adjetivo.

### 5.3.2.- Condiciones de concordancia gramatical

La figura 5.3 muestra los grandes promedios de las diferentes condiciones de concordancia gramatical. En el anexo 7 se incluyen los mismos grandes promedios en los 129 puntos de registro.

Al igual que en el experimento 1, el segmento inicial de los grandes promedios muestra el complejo N1-P2 que típicamente se asocia a la presentación de estímulos visuales. Al componente P2 le sigue una negatividad que presenta su pico máximo en torno a los 400 ms y que coincide con el componente N400. Finalmente, en todas las condiciones de este experimento, incluidas las condiciones de concordancia gramatical que nos ocupan, al componente N400 le sigue una pronunciada positividad que es más prominente en las zonas posteriores, esta onda coincide con el componente P3 el cual suele estar presente en los experimentos de *priming* que requieren una decisión por parte del sujeto.

En cuanto a la relación entre las distintas condiciones de concordancia gramatical representadas en la figura 5.3 (concordancia en pares sustantivo-adjetivo, sustantivo-adjetivo común, y artículo-sustantivo), una pequeña diferencia se aprecia en los electrodos frontales sobre los 200-250 ms (coincidiendo con el componente P2) entre las ondas correspondientes a los pares sustantivo-adjetivo y las de los pares artículo-sustantivo. Como ya se indicó, variaciones en la amplitud de este componente se asocian a cambios en las características físicas de los estímulos o a procesos atencionales, aunque también pueden reflejar algunos aspectos del acceso a la información semántica (McCandliss, Posner y Givón, 1997). Efectos en estas latencias no parecen estar directamente relacionados con los procesos de integración que son el objetivo de este estudio, aunque en experimentos de *priming* pueden darse correlaciones con los efectos del componente N400 (Boddy, 1986). Por este motivo, se realizó un análisis de picos en esta ventana temporal (150-300 ms) para descartar la existencia de diferencias significativas en el componente P2. Se realizaron ANOVAs, que incluyeron el factor tipo de concordancia con 3 niveles (concordancia en pares del tipo sustantivo-adjetivo, en pares sustantivo-adjetivos comunes y en pares artículo-sustantivo) y el factor electrodo con otros 3 niveles (línea media anterior, central y posterior). Sin

embargo, este análisis no mostró que existieran diferencias entre los niveles del factor tipo de concordancia ( $F_{2,22}=2.09$ ;  $p=0.14$ ).

En las latencias de mayor interés no se aprecian diferencias entre las distintas condiciones, ni en la ventana de los 300 a los 500 ms, ni en la de los 500 a 700 ms.

Los análisis estadísticos también dieron como resultado la ausencia de diferencias significativas entre las diferentes condiciones de concordancia. Se realizaron los mismos ANOVAs que para la ventana anterior pero introduciendo las amplitudes medias de la ventana de 300-500 ms ( $F<1$ ) y de la ventana de 500-700 ms ( $F<1$ ).

Tampoco el análisis con las zonas laterales, que incluyeron los 3 niveles del factor electrodo (anterior, central y posterior) y el factor hemisferio (con 2 niveles) mostró diferencias significativas en el factor tipo de concordancia. Ni en la ventana de 300-500 ms ( $F<1$ ) ni en la de 500-700ms ( $F_{2,22}=1.19$ ;  $p=0.32$ ).

En ninguno de estos análisis se encontraron tampoco efectos de interacción entre la concordancia gramatical y las zonas de registro.

### **5.3.3.- Efecto de la no concordancia gramatical**

La figura 5.4 muestra los grandes promedios de tres diferentes condiciones de concordancia gramatical (concordancia, no concordancia en género y no concordancia en número) después de promediar los dos tipos de pares de palabras en cada condición<sup>33</sup>. En esta figura no se observan diferencias en los componentes tempranos. Las ondas que corresponden a las dos condiciones de no concordancia comienzan a diferenciarse de la correspondiente a la condición de concordancia desde los 250-300 ms. A partir de este momento, las condiciones de no concordancia presentan valores de amplitud menores (más negativos). Esta divergencia se mantiene hasta los 500 ms y es máxima en torno a los 400 ms. A continuación, en la ventana de 500 a 700 ms y en los electrodos posteriores se observa un ligero incremento del componente P3 en las condiciones de no concordancia respecto a la de concordancia. Sin embargo, estas diferencias de amplitud pueden deberse al hecho de que existe cierto desfase en las

---

<sup>33</sup> Como se indicó con anterioridad, en el anexo 8 se pueden consultar los resultados de los análisis estadísticos de cada lista de pares de palabras (artículo-sustantivo y sustantivo-adjetivo) por separado.

latencias de pico de este componente. Este componente aparece antes en la condición de concordancia que en las condiciones de no concordancia. Finalmente, señalar que no se aprecian diferencias de amplitud en ninguno de estos dos componentes entre la condición de no concordancia de género y la de no concordancia de número.

En la figura 5.5 se incluyen las distribuciones del efecto de no concordancia. Estas distribuciones representan los valores de voltaje resultantes de la sustracción de las condiciones de no concordancia a las de concordancia. Los mapas corresponden a las latencias de 400 y 600 ms. El efecto a los 400 ms está ampliamente distribuido, tiene su mayor intensidad sobre la línea media, y aparentemente parece ser ligeramente mayor en los electrodos frontales que en los posteriores. Por otro lado, a los 600 ms el efecto es de signo contrario y presenta una distribución central posterior. En los distintos mapas se comprueba que tampoco existen diferencias entre la topografía del efecto de no concordancia en género y la de no concordancia en número. En el anexo 9, se encuentran los mismos promedios de la figura 5.4 en los 129 electrodos.

En el anexo 10 se pueden consultar las amplitudes medias de la ventana 300-500 ms a través de estas tres condiciones experimentales, en cada zona de la línea media.

Se realizaron ANOVAs en cada ventana temporal incluyendo el factor concordancia gramatical con 3 niveles (concordancia, no concordancia de género y no concordancia de número) y el factor electrodo con los 3 grupos de electrodos de la línea media o 3 laterales, añadiendo en este último caso el factor hemisferio con 2 niveles. El efecto de concordancia gramatical fue significativo en la ventana de los 300-500 ms, tanto en la línea media ( $F_{2,22}=19.42$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.77$ ) como en los laterales ( $F_{2,22}=15.24$ ;  $p<0.001$ ). Los contrastes posteriores en las zonas de la línea media mostraron que las diferencias se encuentran entre la condición de concordancia y las condiciones de no concordancia en género ( $F_{1,23}=20.92$ ;  $p<0.001$ ) y no concordancia en número ( $F_{1,23}=31.36$ ;  $p<0.001$ ), pero no entre estas dos últimas entre sí ( $F<1$ ). No se encontraron efectos de interacción entre el factor concordancia y el factor electrodo en la línea media ( $F_{4,20}=2.71$ ;  $p=0.06$ ;  $\epsilon=0.63$ ) o en los electrodos laterales ( $F<1$ ) que apoyen una distribución específica en el eje anterior-posterior.

En la ventana de 500-700 ms, los análisis no revelan diferencias significativas entre las condiciones experimentales, ni en la línea media ( $F < 1$ ) ni en los laterales ( $F < 1$ ).

*Condición de doble violación:*

En la figura 5.6 se pueden ver los grandes promedios correspondientes a las condiciones de no concordancia en género, no concordancia en número y la condición de doble violación (no concordancia ni en género ni en número), mientras que en la figura 5.7 se incluye la condición de doble violación junto con la condición de concordancia. Los mismos promedios de la figura 5.6, pero en los 129 electrodos de registro, pueden encontrarse en el anexo 11. Dado que esta última condición sólo estaba presente en los pares de palabras del tipo sustantivo-adjetivo, sólo se representan y analizan estas condiciones en este tipo de palabras. En las gráficas no se observan diferencias de amplitud relevantes entre las condiciones de no concordancia, en género o en número por separado, respecto a la condición que incluye ambos tipos de no concordancia.

En la línea de lo comentado, ninguno de los diferentes ANOVAs mostró diferencias significativas entre los tipos de no concordancia. Estos ANOVAs en la ventana 300-500 incluyeron el factor de no concordancia con 3 niveles (en género, en número, y doble violación) y el factor electrodo, con 3 niveles (línea media) ( $F < 1$ ). Y en el análisis de las zonas laterales el factor electrodo incluyendo 3 niveles (laterales) y añadiendo en este último caso el factor hemisferio con 2 niveles ( $F < 1$ ).

Tampoco aquí se encontraron interacciones del factor tipo de no concordancia con los factores hemisferio o electrodo.

En la figura 5.6 también se puede observar que la latencia de la P3 de la condición de doble violación es ligeramente anterior en el tiempo que las latencias de las otras dos condiciones de no concordancia.

### **Análisis de las latencias del componente P3:**

Como se ha comentado anteriormente, aunque el análisis de las amplitudes realizados en la ventana de 500 a 700 ms no mostró ningún efecto significativo entre ninguna de las condiciones, la observación más detallada muestra que las diferencias de

amplitud que presentan las ondas positivas que siguen a la N400 pueden deberse a cierta variabilidad en sus latencias. Para comprobar esta observación, se realizó un análisis de las latencias de los picos del componente P3. Los valores correspondientes a las latencias de los valores máximos de amplitud de cada condición en la ventana de 450-650 ms se introdujeron en dos ANOVAs. Se eligió esta ventana en lugar de la de 500-700 ms para incluir los picos más tempranos de las diferentes condiciones y sujetos. En uno de los ANOVAs se analizaron las zonas de la línea media y dado que el componente P3 se observa más claramente en las zonas posteriores, se analizaron también las dos zonas laterales posteriores en el otro ANOVA.

En la figura 5.8 se representan los valores de las latencias correspondientes a la zona posterior de la línea media. Aunque los valores de latencia se obtienen como un número de muestras determinado a partir del punto de origen, en la gráfica se representa su equivalencia en milisegundos. Según los valores incluidos en la figura 5.8, las latencias de los picos de las condiciones de no concordancia fueron mayores que las de la condición de concordancia, y a su vez los picos de la condición de no concordancia en género presentan latencias más tardías que los picos de la condición de no concordancia en número.

En el primer ANOVA se introdujeron los datos correspondientes a las 3 zonas de la línea media (anterior, central y posterior) como los 3 niveles del factor electrodo. También se incluyó el factor concordancia gramatical con 3 niveles (concordancia, no concordancia en género y no concordancia en número) y el factor vocabulario<sup>34</sup> con dos niveles (pares sustantivo-adjetivo y pares artículo-sustantivo). El análisis mostró un efecto principal del factor concordancia gramatical ( $F_{2,22}=36.25$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.87$ ) y los contrastes posteriores mostraron diferencias entre la condición de concordancia respecto a la de no concordancia en género ( $F_{1,23}=49.69$ ;  $p<0.001$ ) y a la de no concordancia en número ( $F_{1,23}=39.42$ ;  $p<0.001$ ), así como entre las dos condiciones de no concordancia ( $F_{1,23}=5.38$ ;  $p<0.05$ ). No hubo efectos significativos ni en el factor vocabulario ( $F<1$ ), ni en la interacción entre este factor y la concordancia ( $F<1$ ). Tampoco hubo interacciones con el factor electrodo.

---

<sup>34</sup> El factor vocabulario se introdujo para facilitar la comparación de estos análisis de las latencias de P3 con los realizados con los tiempos de respuesta.

El mismo análisis se realizó introduciendo los datos de las dos zonas laterales posteriores, incluyendo los factores concordancia gramatical (3 niveles), el factor vocabulario (2 niveles) y el factor electrodo con 2 niveles (derecha e izquierda). Al igual que el análisis anterior, se encontró el efecto principal del factor concordancia gramatical ( $F_{2,22}=42.15$ ;  $p<0.001$ ). De la misma manera que en la línea media, los contrastes revelaron diferencias entre la condición de concordancia y la de no concordancia en género ( $F_{1,23}=63.93$ ;  $p<0.001$ ), la de concordancia y la de no concordancia en número ( $F_{1,23}=39.12$ ;  $p<0.001$ ), y entre las dos condiciones de no concordancia ( $F_{1,23}=10.63$ ;  $p<0.01$ ). Tampoco aquí el efecto del vocabulario ( $F<1$ ), o la interacción concordancia por vocabulario ( $F<1$ ) fueron significativos.

En otro ANOVA se analizaron solamente las condiciones de palabras sustantivo-adjetivo para incluir la condición de doble violación. Por lo tanto se incluyó el factor concordancia gramatical con 4 niveles (concordancia, no concordancia en género, no concordancia en número, y doble violación) y el factor electrodo con 3 niveles (anterior, central y posterior). Nuevamente el efecto principal del factor concordancia fue significativo ( $F_{2,22}=15.35$ ;  $p<0.001$ ). En los contrastes a posteriori, la condición de concordancia no resultó ser significativamente diferente de la condición de doble violación ( $F_{1,23}=1.51$ ;  $p=0.23$ ). Sin embargo, la condición de doble violación sí mostró diferencias respecto a la condición de no concordancia en género ( $F_{1,23}=14.95$ ;  $p<0.001$ ) y a la de no concordancia en número ( $F_{1,23}=11.74$ ;  $p<0.01$ ). El análisis en las zonas laterales muestra el mismo efecto del factor de concordancia ( $F_{3,21}=17.49$ ;  $p<0.001$ ).

En la figura 5.9 se representan los valores de las latencias analizadas correspondientes a la zona posterior de la línea media<sup>35</sup>. Puede observarse que la condición de concordancia y la de doble violación tienen latencias de pico similares, las cuales son anteriores en el tiempo a las latencias correspondientes a las dos condiciones de no concordancia. Es importante destacar que mientras los grandes promedios representados en las ondas de las diferentes figuras representan los datos de electrodos

---

<sup>35</sup> En la figura 5.9 se incluye también la latencia media de los adjetivos de género común para facilitar la comparación de esta gráfica con la de la figura 5.2.

individuales, las figuras 5.8 y 5.9 representan las medias de los datos analizados, es decir, el promedio del grupo de electrodos de la zona posterior de la línea media.

### 5.3.4.- Efecto del vocabulario

Ya que anteriormente se comprobó que las condiciones de concordancia de los dos tipos de palabras produjeron ondas similares, el objetivo de este análisis fue comparar el efecto de la no concordancia en ambos tipos de pares de palabras. En la figura 5.10 han sido promediadas las dos condiciones de no concordancia (la de género y la de número) en una sola condición de no concordancia. Esta figura muestra la condición de no concordancia para cada tipo de par de palabras. Puede observarse que ambas ondas se solapan en las zonas posteriores, pero presentan diferencias entre los 300 y 500 ms en la zona anterior izquierda. En esta figura se representa también la condición de concordancia (que aquí es el promedio de las condiciones de concordancia de cada tipo de par de palabra). El equivalente de la figura 5.10 en los 129 electrodos puede encontrarse en el anexo 12. Se puede ver que el efecto de las dos condiciones de no concordancia respecto a la condición de concordancia se distribuye por zonas posteriores de forma bilateralizada, mientras que la diferencia entre las dos condiciones de no concordancia se circunscribe a la citada zona anterior izquierda. En la figura 5.11 se muestra una representación de la distribución de estos efectos en tres momentos temporales diferentes (a los 350, 400 y 450 ms). En la primera fila se muestra el efecto de la no concordancia (condición de no concordancia menos la de concordancia) en los pares de las palabras sustantivo-adjetivo y en la segunda fila el mismo efecto de la no concordancia en los pares artículo-sustantivo. En la tercera fila se representa la diferencia entre las dos ondas de no concordancia, es decir, el resultado de substraerle a la onda de no concordancia producida por los pares artículo-sustantivo la onda de no concordancia de los pares sustantivo-adjetivo. Las medias (y desviaciones típicas) de los valores de amplitud media en cada condición experimental y para cada par de palabras están incluidas en el anexo 10.

Para validar estadísticamente la existencia de estas diferencias se realizó un ANOVA en el que se incluyeron 3 factores. El factor tipo de vocabulario con 2 niveles (no concordancia en pares sustantivo-adjetivo y no concordancia en pares artículo-

sustantivo), el factor tipo de no concordancia gramatical con 2 niveles (no concordancia en género y no concordancia en número), el factor zona de electrodos con 3 niveles (anterior, central y posterior). Este análisis de las zonas de la línea media mostró diferencias significativas en el factor tipo de vocabulario ( $F_{1,23}=6.14$ ;  $p<0.05$ ) y una interacción entre el tipo de vocabulario y el factor electrodo ( $F_{2,22}=12.57$ ;  $p<0.001$ ). Dada esta interacción se realizó la normalización de los datos siguiendo el procedimiento descrito en el apartado de metodología general, tras la cual se mantuvo la significación ( $F_{2,22}=12.6$ ;  $p<0.001$ ;  $\epsilon=0.72$ ). Los contrastes muestran que las diferencias entre los tipos de pares de palabras se producen en la zona de electrodos anterior ( $F_{1,23}=22.17$ ;  $p<0.001$ ) pero no en la zona central ( $F_{1,23}=3.01$ ;  $p=0.09$ ) ni en la posterior ( $F<1$ ).

El análisis de las zonas laterales, en el que se añadió el factor hemisferio con 2 niveles (derecha e izquierda), también señaló diferencias significativas en el factor tipo de vocabulario ( $F_{1,23}=5.57$ ;  $p<0.05$ ) y la interacción entre el tipo de vocabulario y el factor electrodo ( $F_{2,22}=5.7$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.77$ ). Este último efecto se mantuvo tras la normalización de los datos ( $F_{2,22}=10.01$ ;  $p<0.01$ ;  $\epsilon=0.27$ ). Por otro lado, ni la interacción entre los factores vocabulario y hemisferio ( $F_{1,23}=2.32$ ;  $p=0.14$ ), ni la triple interacción entre los factores vocabulario, electrodo y hemisferio resultaron significativas ( $F_{2,22}=1.81$ ;  $p=0.17$ ).

#### *Ventana de 300-400 ms:*

Como se comentó en la descripción general de los grandes promedios la diferencia entre los dos tipos de pares se localiza en la zona anterior del hemisferio izquierdo. Sin embargo, en el último análisis descrito aunque la interacción entre vocabulario y electrodo fue significativa, la triple interacción que implica también al factor hemisferio no fue significativa. Este análisis se repitió utilizando una ventana temporal comprendida entre los 300 y los 400 ms, la misma en la que se encontraron los efectos de la LAN en el experimento anterior. En este nuevo análisis, la triple interacción sí fue significativa tras la normalización de los datos ( $F_{1,23}=3.17$ ;  $p=0.05$ ;  $\epsilon=0.62$ ). Los contrastes posteriores (tabla 5.3) muestran que las diferencias se dieron exclusivamente en la zona anterior del hemisferio izquierdo.

g.l.= 1– 23	<b>Artículo-Sustantivo vs. Sustantivo-Adjetivo</b>	
	H. izquierdo	H. derecho
<b>Anterior</b>	F=7.25; p=0.01	F=0.28; p=0.60
<b>Media</b>	F=0.33; p=0.57	F=0.12; p=0.73
<b>Posterior</b>	F=0.44; p=0.51	F=0.07; p=0.79

Tabla 5.3. Valores resultantes de la comparación de los efectos de la no concordancia gramatical en los dos tipos de pares (artículo-sustantivo y sustantivo-adjetivo), para cada uno de los grupos de electrodos. Ventana de 300 a 400 ms en zonas laterales.



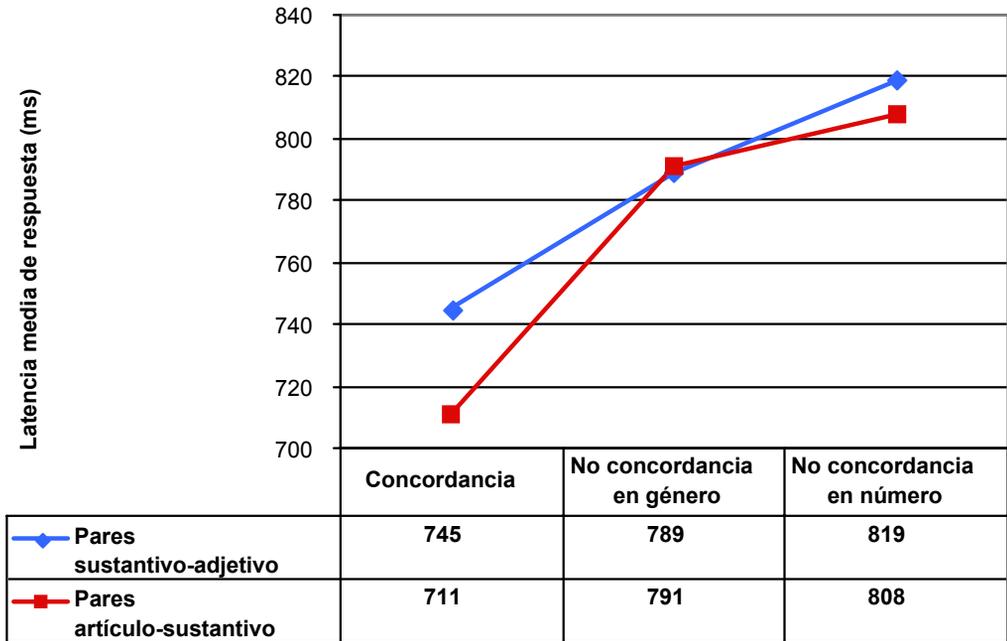


Figura 5.1. Tiempos de reacción medios en la tarea de juicio gramatical para cada condición experimental: Concordancia gramatical, no concordancia en género y no concordancia en número. La línea azul representa estas condiciones con pares sustantivo-adjetivo (p.ej. el – faro) y la línea roja con los pares artículo-sustantivo (p.ej. el piano).

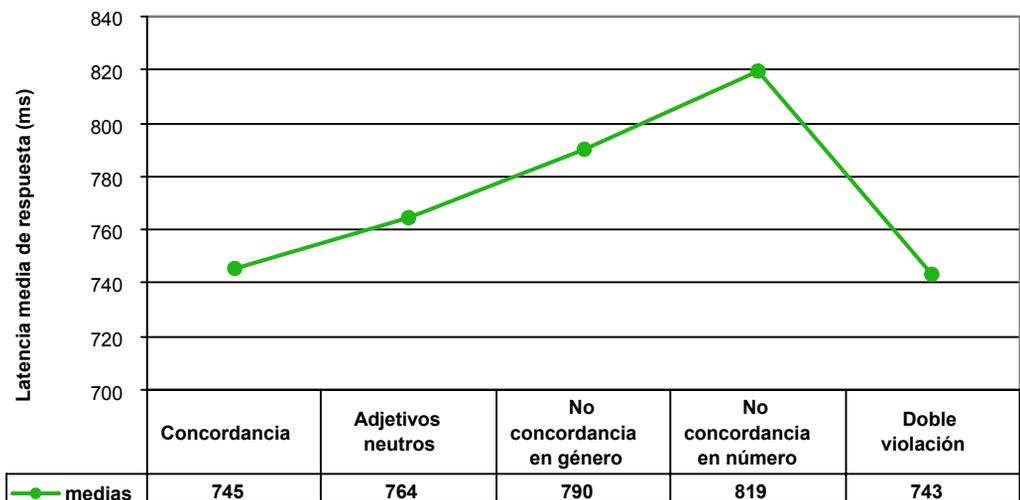


Figura 5.2. Tiempos de reacción en la tarea de juicio gramatical en las diferentes condiciones de los pares sustantivo-adjetivo. Condición de concordancia (p.ej. faro-alto), concordancia con adjetivos de género común (p.ej. poesía-triste), no concordancia en género (p.ej. faro-alta), no concordancia en número (p.ej. faro-altos) y doble violación (p.ej. faro-altas).



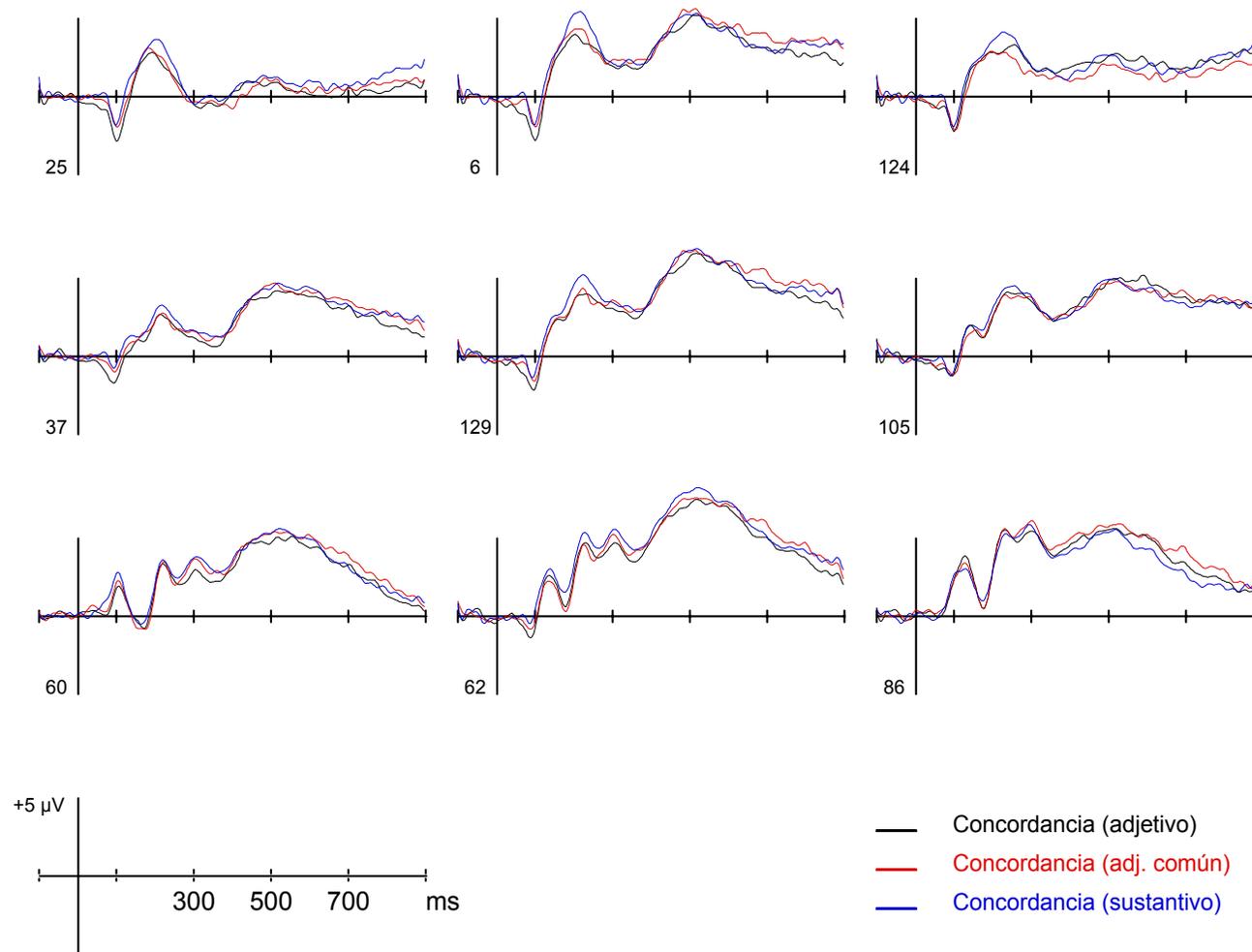


Figura 5.3. Grandes promedios de la diferentes condiciones de concordancia gramatical: **concordancia en pares sustantivo adjetivo con adjetivos comunes** (p.ej. poesía-triste), **concordancia en pares sustantivo-adjetivo** (p.ej. faro-alto), **concordancia en pares artículo-sustantivo** (p.ej. el-piano). No se observan diferencias destacables entre ellos.



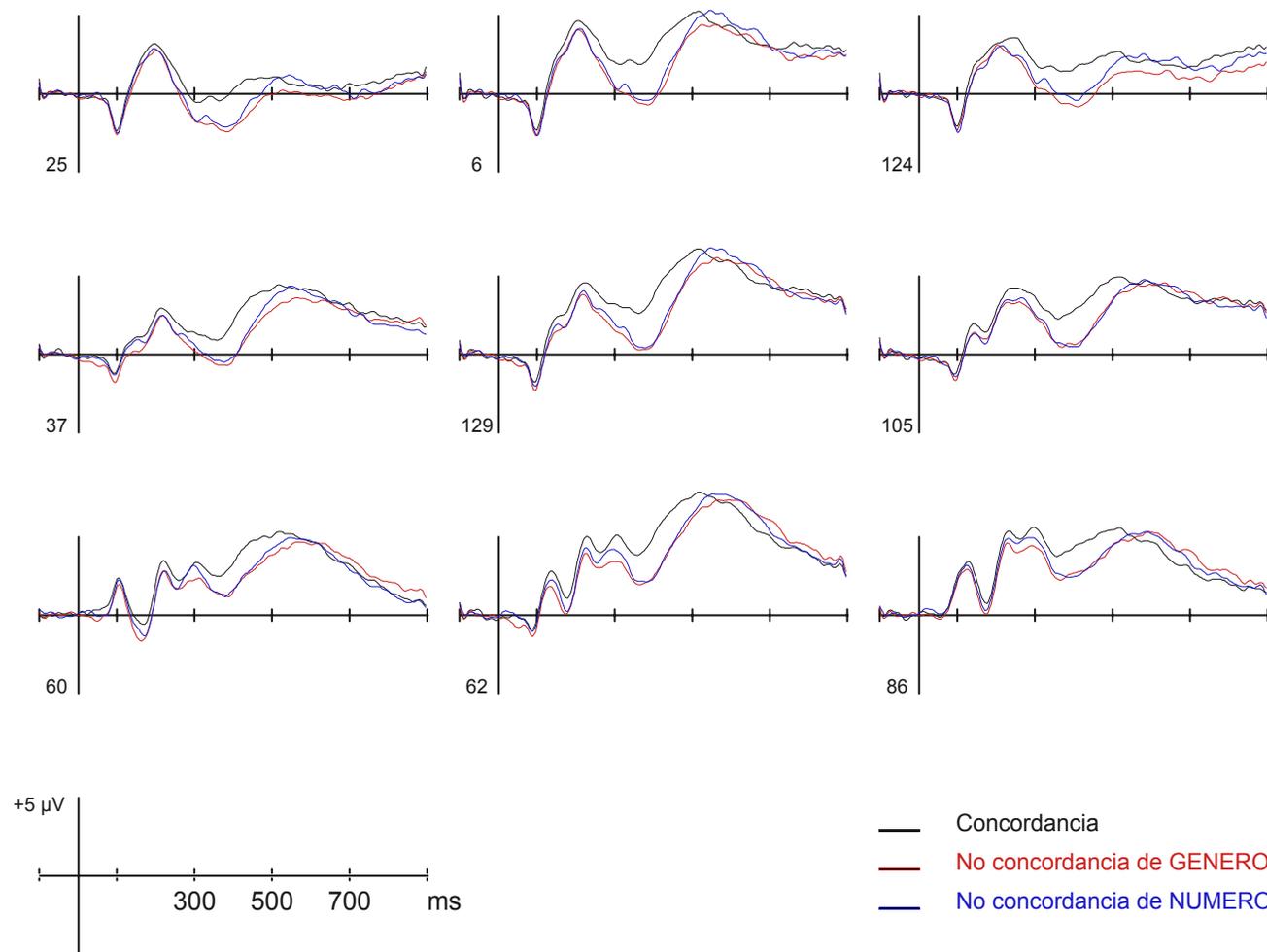
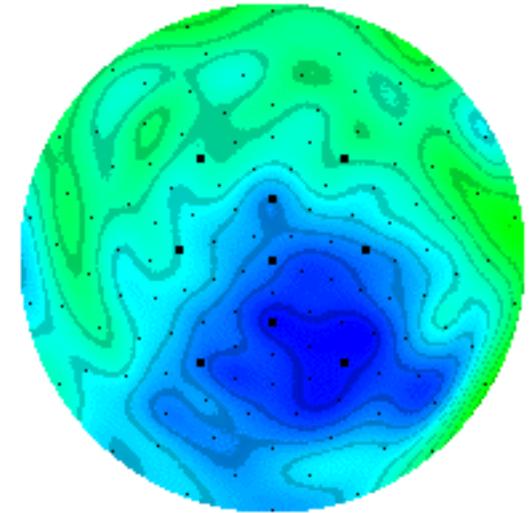
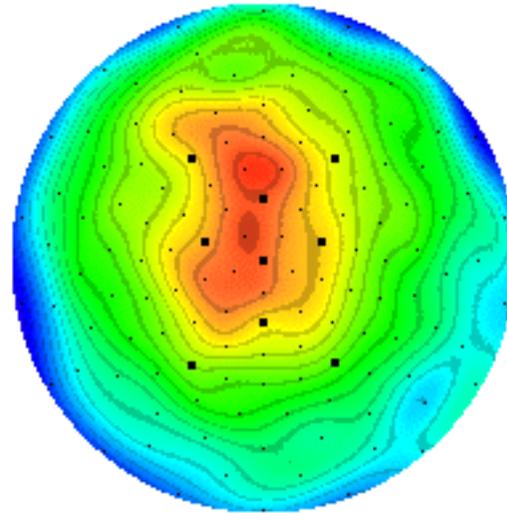


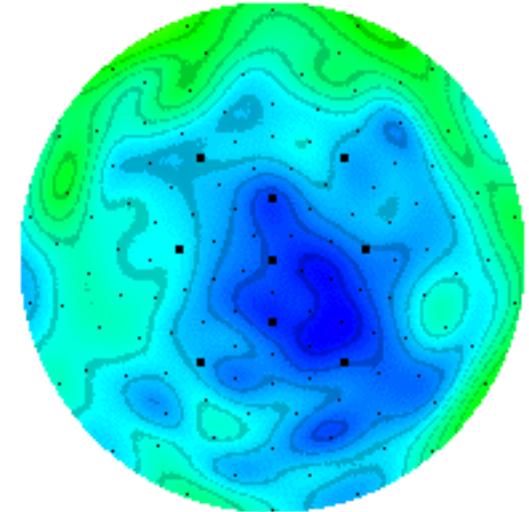
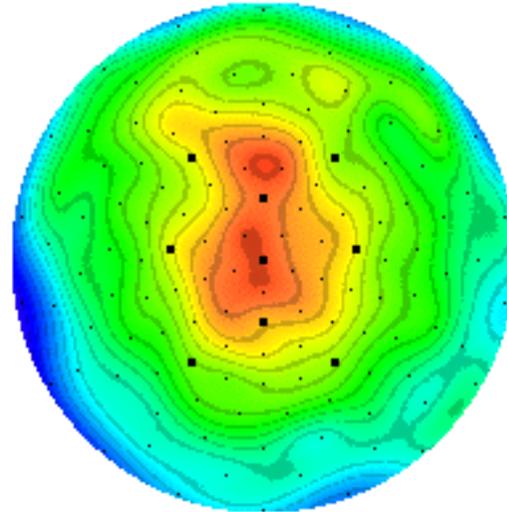
Figura 5.4. Grandes promedios de las condiciones de **concordancia** (p.ej. faro-alto/el piano), **no concordancia en género** (p.ej. faro-alta/la piano) y **no concordancia en número** (p.ej. faro-altos/los piano). Aquí los dos tipos de pares de palabras (sustantivo-adjetivo y artículo-sustantivo) se consideran conjuntamente. Se observa el incremento de la amplitud negativa en torno a los 400 ms (N400) en las condiciones de no concordancia respecto a la de concordancia, así como un retraso en las latencias del pico positivo presente entre los 500 y los 600 ms (P3).



**GÉNERO**



**NÚMERO**



- 3.4  $\mu$ V

3.4  $\mu$ V

**400 ms**

**600 ms**

*Figura 5.5. Distribución de los efectos de la no concordancia. Estos efectos son el resultado de sustraer las condiciones de no concordancia a las de concordancia. El efecto a los 400 ms se localiza sobre la zona central de la línea media y tiende hacia la zona anterior-izquierda, mientras que las diferencias a los 600 ms tienen distribución posterior derecha. En ninguno de los dos casos se observan diferencias entre las violaciones de la concordancia del género (fila superior) y las del número (fila inferior).*



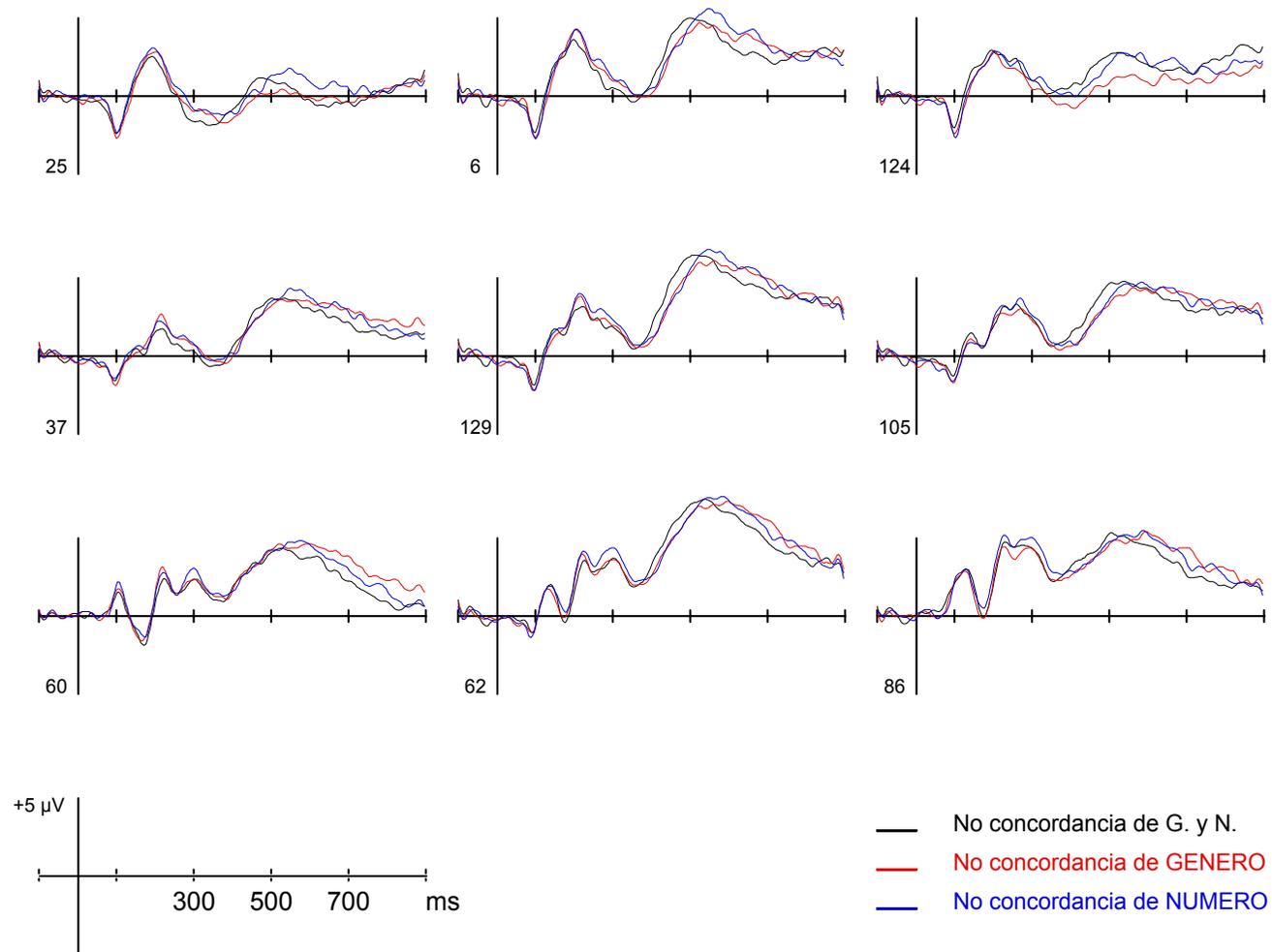


Figura 5.6. Grandes promedios correspondientes a las condiciones de **doble violación** (p.ej. *faro-altas*) **no concordancia en género** (p.ej. *faro-alta*), y **no concordancia en número** (p.ej. *faro-altos*). Las 3 ondas incluyen sólo los promedios de los pares sustantivo-adjetivo. No se observan diferencias de amplitud entre estas ondas, aunque el pico del componente P3 es anterior en el tiempo en el caso de la condición de doble violación respecto a las otras dos de no concordancia.



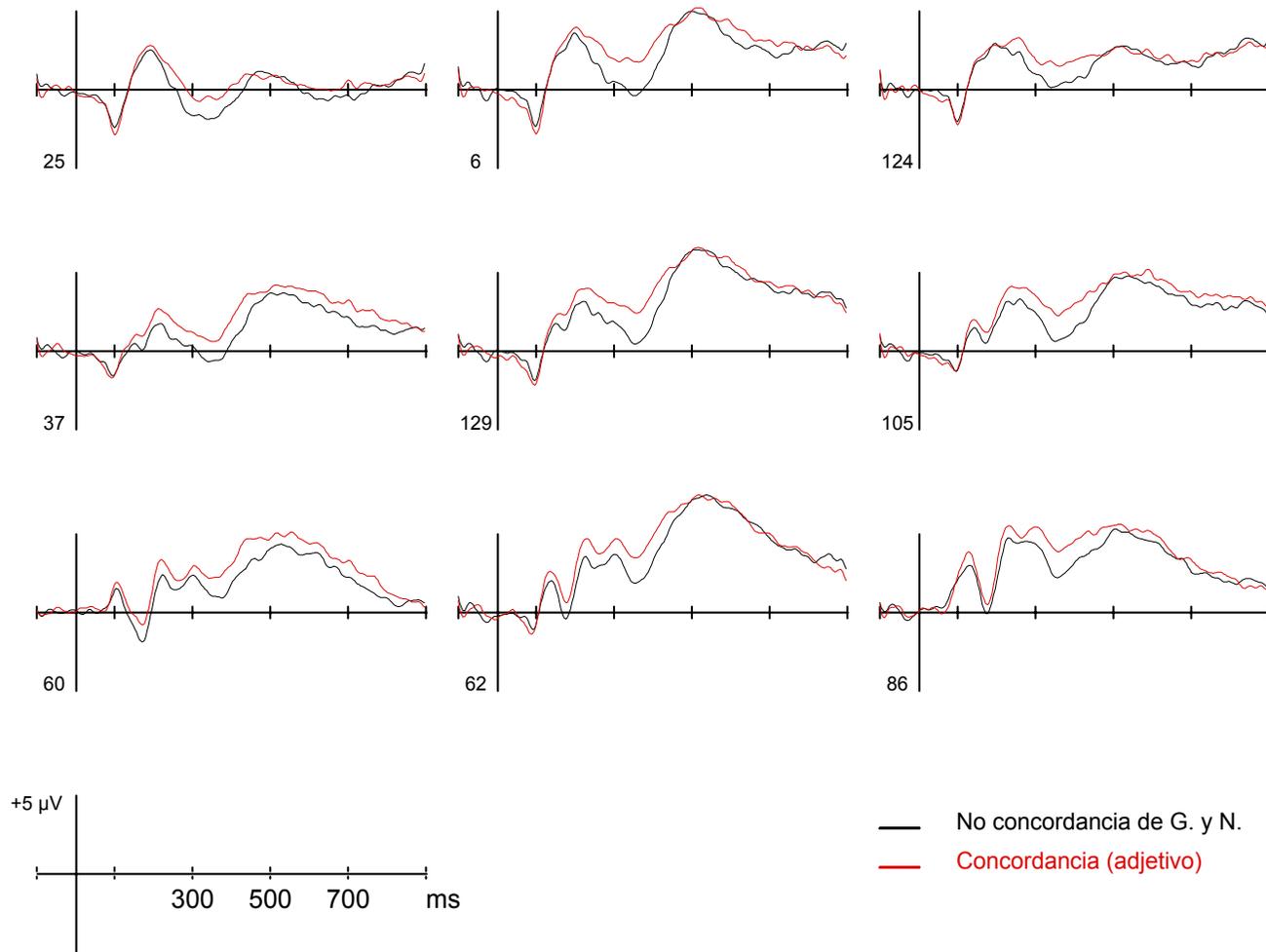


Figura 5.7. Grandes promedios correspondientes a las condiciones de **dobte violación** (faro-altas) y **concordancia gramatical** (p.ej. faro-alto). Las ondas corresponden a los promedios de los pares sustantivo-adjetivo. No se observan diferencias en las latencias del pico del componente P3.



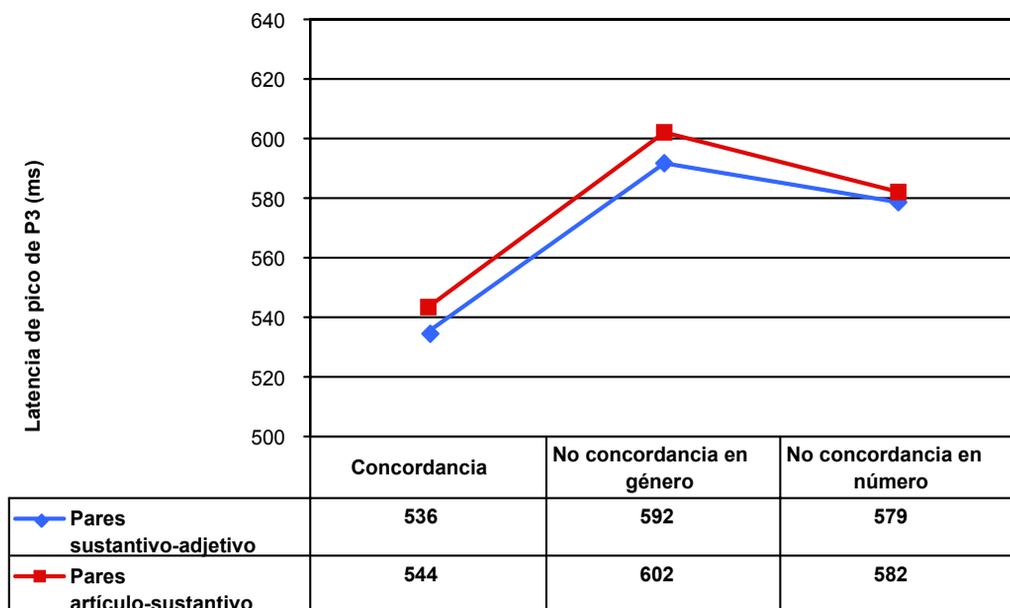


Figura 5.8. Valores medios de la latencias de los picos del componente P3 en la zona posterior de la línea media. Las medias corresponden a las siguientes condiciones experimentales: concordancia gramatical, no concordancia en género y no concordancia en número. La línea azul representa estas condiciones con pares sustantivo-adjetivo (p.ej. el-faro) y la línea roja con los pares artículo-sustantivo (p.ej. el-piano).

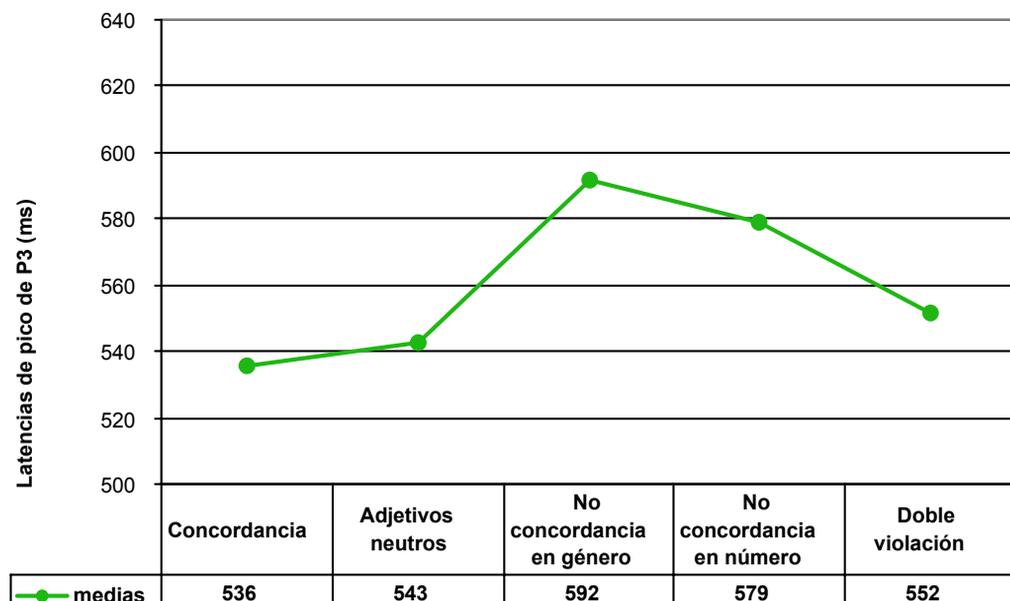


Figura 5.9. Latencias de pico del componente P3 (zona posterior de la línea media) en las diferentes condiciones de los pares sustantivo-adjetivo: condición de concordancia (p.ej. faro-alto), concordancia con adjetivos de género común (p.ej. poesía-triste), no concordancia en género (p.ej. faro-alta), no concordancia en número (p.ej. faro-altos) y doble violación (p.ej. faro-altas).



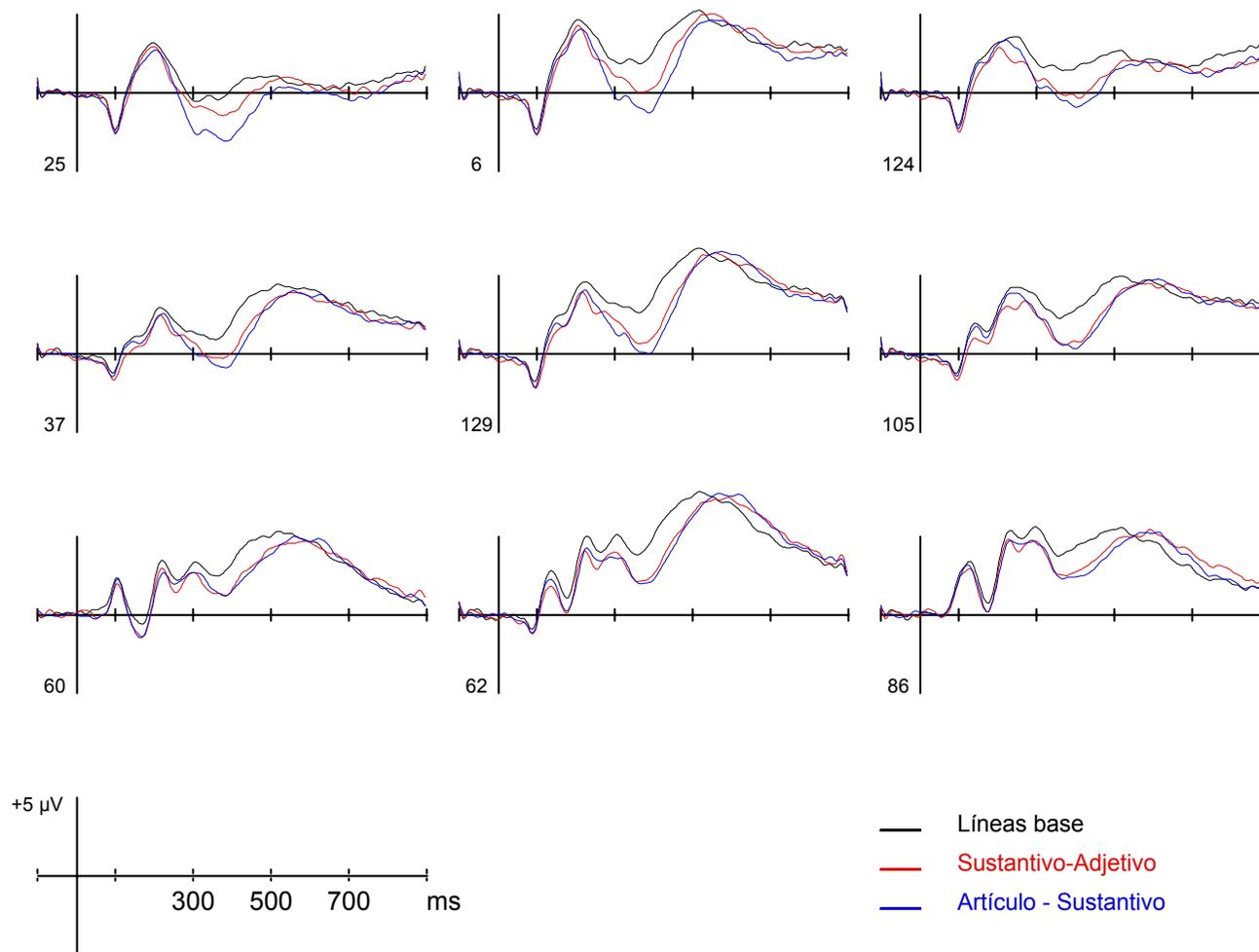


Figura 5.10. Grandes promedios de las condiciones **de concordancia** (en ambos tipos de pares de palabras) y no concordancia (considerando conjuntamente la no concordancia en género y la no concordancia en número). Las condiciones de no concordancia se representan por separado según el tipo de par de palabras (**sustantivo-adjetivo** o **artículo-sustantivo**). En los dos pares de palabras la no concordancia produce un efecto del tipo N400 en los electrodos posteriores, pero en el caso de los pares artículo-sustantivo se observa un efecto adicional en los electrodos de la zona anterior-izquierda en las mismas latencias y con el mismo signo.



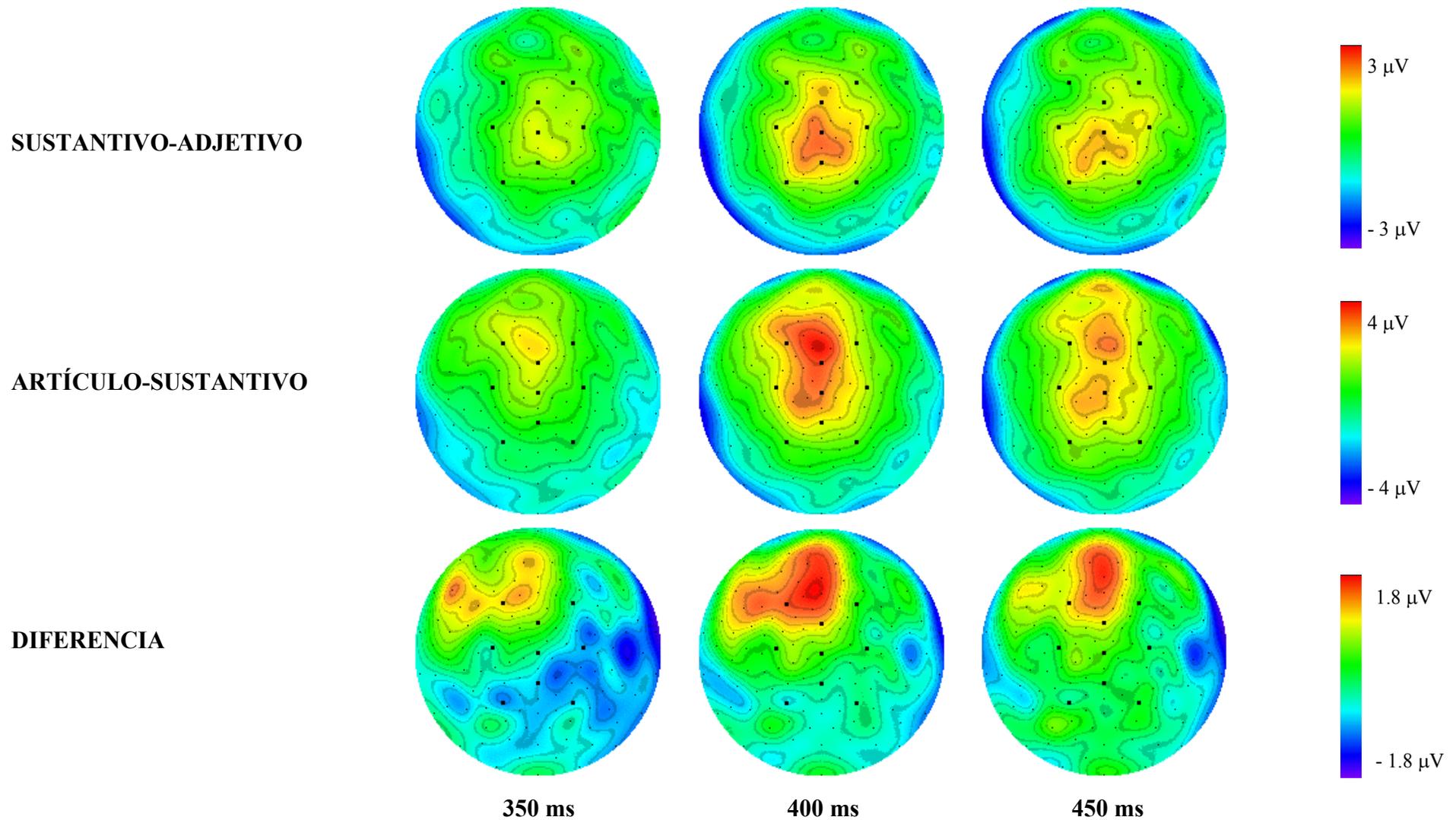


Figura 5.11. Distribución de los efectos de no concordancia (no concordancia menos línea base) en los *pares sustantivo-adjetivo* (línea superior) y en los *pares artículo-sustantivo* (línea media), así como la *diferencia entre ambos efectos* (línea inferior). En cada línea se representan estos mapas en tres momentos temporales diferentes (350, 400 y 450 ms). En los pares sustantivo-adjetivo se observa un efecto con distribución central-posterior, mientras que en los pares artículo-sustantivo a este efecto se le añade otro más anterior y lateralizado a la izquierda. Por lo tanto, la diferencia entre ambos se localiza en la zona anterior izquierda.



#### 5.4.- DISCUSIÓN

La manipulación de la concordancia gramatical entre los elementos de cada par de palabras produjo en los PREs un efecto destacable entre los 300 y los 500 ms. Las ondas de las condiciones de no concordancia presentan una amplitud negativa mayor que las de las condiciones de concordancia. En este rango de latencias se describen típicamente los componentes N400 y LAN. Como ya se ha señalado, estos dos efectos, a pesar de presentarse en el mismo momento temporal poseen distribuciones sobre el cuero cabelludo diferentes y responden a distintas manipulaciones experimentales. El efecto N400 típicamente presenta una distribución posterior y no lateralizada, siendo máximo en las posiciones Cz y Pz del sistema 10/20, mientras que la LAN tiene una distribución anterior y en ocasiones lateralizada hacia el hemisferio izquierdo. Por otro lado, los efectos sobre el componente N400 parecen estar relacionados con procesos de integración de rasgos léxicos y semánticos, mientras que el componente LAN se asocia a procesos relacionados con aspectos implicados en el análisis sintáctico.

En los resultados de este experimento, los efectos en torno a los 400 ms presentan una distribución que abarca tanto zonas anteriores como zonas posteriores. Los procesos que se relacionan con el establecimiento de la concordancia gramatical o con la detección de la misma pueden ser comunes a los que realizan el análisis sintáctico de estructuras más complejas, ya que la concordancia juega un papel importante en la construcción del árbol sintáctico. Por esta razón, se esperaría que el efecto producido por la falta de concordancia en los pares de palabras se localizara en las zonas anteriores, donde normalmente se distribuye la LAN. Por otro lado, la concordancia gramatical requiere un análisis léxico previo y posiblemente la integración de los rasgos morfológicos de las palabras implicadas. Las manipulaciones en experimentos de *priming* de otras características léxicas no semánticas, como las representaciones fonológicas (Praamstra et al., 1994), han producido efectos sobre la N400 con la clásica distribución central-posterior. Desde este punto de vista también es predecible que los efectos en esta ventana temporal se manifiesten en zonas posteriores de la línea media. Considerando las dos vertientes de la concordancia gramatical se puede dar cuenta del hecho de que en nuestros datos la distribución del efecto no se limite a áreas anteriores

o posteriores sino que abarque gran parte de la línea media. El efecto registrado puede ser realmente la superposición en el tiempo de dos efectos diferentes: uno relacionado con la integración léxica de las palabras con distribución posterior, y otro asociado al análisis morfo-sintáctico y con distribución anterior. Incluso habría que añadir que parte de la distribución posterior del componente puede estar eclipsada por el solapamiento del componente P3, el cual tiene una distribución central y posterior.

Los estudios previos con pares de palabras (Münste y Heinze, 1994) mostraron un efecto similar para la no concordancia gramatical con una distribución anterior. Experimentos realizados en inglés mostraron una distribución incluso más anterior que en los experimentos en alemán (Münste, Heinze y Mangun, 1993). Una posible explicación a esta diferencia en la topografía del efecto sería el uso de diferentes referencias en ambos estudios, ya que en el experimento en inglés se utilizó una referencia no cefálica mientras que en el experimento en alemán se usó la referencia de mastoides promediados. Sin embargo, otra posible explicación podría radicar en las diferencias entre ambas lenguas, ya que el alemán posee un morfología más rica desde el punto de vista léxico. El hecho de que la distribución del efecto en nuestro experimento se acerque más a la encontrada en alemán puede deberse tanto al uso de la misma referencia como a la similitud del español con el alemán en cuanto a su sistema morfológico. Aunque nuestro experimento y los realizados en alemán presentan una topografía similar en cuanto al eje anterior-posterior, sí se diferencian en el hecho de que el efecto del experimento en alemán está más lateralizado hacia la izquierda que en nuestros datos. Como se verá más adelante, el análisis por separado de los dos tipos de pares de palabras clarifica esta aparente discrepancia y apoya la hipótesis de la existencia de dos efectos diferentes.

Una interpretación alternativa a los efectos producidos por la no concordancia podría darse en términos de procesamiento ortográfico o fonológico, ya que las palabras de cada par terminan con la misma letra/s en el caso de las condiciones de concordancia y con distintas letras en el caso de las palabras de las condiciones de no concordancia. Sin embargo, si esto fuera así, el efecto debería estar presente también en la condición de concordancia con adjetivos neutros (poesía-triste) donde no se da el solapamiento de las últimas letras. Como se ha comprobado, la condición de adjetivos comunes no

difiere sustancialmente de las otras condiciones de concordancia, por lo que los efectos encontrados en los componentes negativos no pueden ser atribuidos a procesos de análisis ortográfico o fonológico. Por otro lado, el efecto de la rima en listas de palabras presentadas en la modalidad visual solamente se ha encontrado cuando la codificación fonológica es relevante para la tarea que se le pide al sujeto (Rugg y Barrett, 1987). En nuestro caso, la existencia de pares de relleno con diferentes terminaciones hacía imposible que la tarea se resolviera atendiendo exclusivamente al solapamiento fonológico.

El principal objetivo de nuestra investigación era el de analizar las posibles diferencias entre el análisis de la concordancia en género y el de la concordancia en número, o lo que es lo mismo, los efectos de la violación de la concordancia en ambos casos. Entre los efectos descritos entre los 300 y los 500 ms no se produjeron diferencias entre las violaciones de la concordancia del género y la del número, y tampoco se presentaron diferencias entre éstas y la condición que incluía la doble violación de género y de número. Los diferentes efectos de la no concordancia fueron similares tanto en su amplitud, como en su latencia y en su distribución. Por lo tanto, de existir diferencias entre el procesamiento del género y el del número, no parece que estén implicadas en los procesos que subyacen a la aparición de las negatividades analizadas. Además, el hecho de que la doble violación no difiera de los dos tipos de violación por separado apunta a que el proceso o procesos que se reflejan en estos componentes son comunes tanto para el procesamiento del género como para el del número.

A los componentes negativos que se producen en la ventana de 300-500 ms les sigue un componente positivo identificado como P3. Como se verá a continuación, la identificación de este componente se hizo a partir de su polaridad, latencia, distribución y sensibilidad ante las manipulaciones experimentales. Esta onda positiva suele estar presente en los experimentos de *priming* con pares de palabras que requieren una respuesta inmediata (p.ej. Bentin et al., 1985) y no aparece cuando el sujeto simplemente tiene que leer las palabras (Brown, Hagoort y Chwilla, 2000). En general la P3 aparece siempre que la tarea requiere una decisión de tipo binario (Donchin y Coles, 1988). Por

lo tanto, la P3 se asocia al tipo de tarea y a la respuesta que el sujeto tiene que efectuar justo después de la lectura de la palabra analizada.

Aunque la polaridad, latencia y distribución de este componente coinciden con los del efecto P600/SPS descrito en el experimento anterior, hay que señalar que el efecto P600 sólo aparece ante transgresiones o anomalías sintácticas, mientras que la positividad que nos ocupa está presente también en la condición de concordancia. Además, la morfología de ambas ondas difiere ligeramente, ya que el efecto P600 típicamente se mantiene durante varios cientos de milisegundos y no suele presentar un pico visible. Por otro lado, hay que recordar que la relación entre la P600 y la P3 es un debate abierto, y muchos autores consideran que la P3 puede ser, al menos, uno de los componentes que contribuyen a la generación del efecto P600 (Hagoort, Brown y Osterhout, 1999).

La sensibilidad de la amplitud de la P3 a características como la probabilidad de aparición de un estímulo o su relevancia subjetiva para la tarea, indica que cuando este componente se produce ya deben de haber finalizado los procesos necesarios para categorizar dicho estímulo (Donchin, 1979). Aunque otros procesos podrían tener lugar entre la categorización y la aparición del componente, el hecho de que su latencia varíe en función de la dificultad de evaluación del estímulo apunta a que la P3 está íntimamente relacionada con estos procesos de categorización (Kutas, McCarthy y Donchin, 1977). Por otro lado, procesos posteriores como la preparación motora de la respuesta no parecen afectar a la latencia de la P3. De este modo, en experimentos en los que se manipula la compatibilidad estímulo-respuesta se han observado efectos sobre los tiempos de reacción pero no sobre la latencia de P3 (McCarthy y Donchin, 1981).

En nuestros datos, a diferencia de los que muestran las clásicas tareas odd-ball, este componente está presente en todas las condiciones, incluso en las que no existe violación de la concordancia gramatical. Esta circunstancia se ha dado con anterioridad en otros experimentos de *priming* (Bentin et al., 1985; Rugg, 1985) y posiblemente se deba a la relevancia subjetiva que todos los estímulos poseen de cara a la decisión de la respuesta. Por otro lado, no se observan diferencias de amplitud en este componente

entre las diferentes condiciones experimentales, ya que cada condición tenía la misma probabilidad de aparición y cada par la misma relevancia para la tarea.

Aunque no se produzcan diferencias de amplitud en la P3, su latencia sí varía en función de las diferentes condiciones experimentales. Las condiciones de no concordancia en género y no concordancia en número presentan latencias mayores que las condiciones de concordancia en ambos tipos de pares de palabras, mientras que la condición de doble violación presenta una latencia similar a la de la condición de concordancia. Además, la condición de no concordancia en género presenta una latencia ligeramente más larga que la de la no concordancia en número. El hecho de que estas diferencias entre condiciones aparezcan en estas latencias y tras las negatividades anteriormente comentadas, indica que reflejan procesos posteriores al análisis léxico y a la integración de las palabras. Aunque el efecto clásico de este componente ha sido situado en torno a los 300 ms, diferentes trabajos han mostrado que esta latencia puede retrasarse dependiendo de la complejidad del estímulo o de la dificultad en la categorización que tiene que hacer el sujeto (Kutas et al., 1977). Por esta razón, la aparición de este componente con estímulos lingüísticos o con representaciones de rostros se produce por encima de los 500 ms. Estas mismas variaciones en latencia pueden darse con un mismo tipo de estímulo cuando varía la dificultad en su categorización. Por ejemplo, en tareas de decisión léxica las pseudopalabras producen latencias mayores que las palabras (Rugg, 1983; Bentin et al., 1985) y las palabras repetidas presentan latencias más cortas que las no repetidas (Rugg, 1985). Por lo tanto, los cambios en las latencias del componente P3 en nuestros datos pueden estar reflejando diferencias en los tiempos empleados a la hora de la categorización de los pares de palabras de cara a la emisión de la respuesta, pero también pueden reflejar que el inicio de este proceso de categorización comienza más tarde en unos casos que en otros<sup>36</sup>. En el caso de los pares de palabras que concuerdan gramaticalmente, la decisión

---

<sup>36</sup> En los análisis se utilizó la latencia de pico como medida de la latencia del componente P3, aunque se podía haber tomado también la latencia de inicio del componente. Se eligió esta medida debido a que existe la posibilidad de que la N400 y la P3 se superpongan en algunos momentos, por lo que la determinación del punto de inicio del componente en estos casos puede resultar complicada y las comparaciones entre condiciones pueden dar lugar a confusiones. En cualquier caso, algunos trabajos han mostrado que existe una estrecha relación entre la latencia de pico y la latencia de inicio en la P3 (Scheffers, Johnson y Ruchkin, 1991).

puede tomarse inmediatamente después de que se produzca la integración. Sin embargo, en el caso de los pares en los que no se puede realizar dicha integración, la decisión ha de posponerse hasta que se hayan realizado todas las posibles comprobaciones o intentos de integración. Como ya se ha comentado, la concordancia del género se rige por un sistema más complejo de reglas y posee más irregularidades que la concordancia del número. Por lo tanto, en los casos de no concordancia y tras la imposibilidad inicial de realizar la integración, el número de comprobaciones posteriores a tener en cuenta será mayor cuando se viola la concordancia de género que cuando se viola la concordancia de número, resultando así en una mayor latencia en los pares de no concordancia en género que en los de no concordancia e número. En otras palabras, si el procesador se encuentra ante una violación de la concordancia del género tendrá que comprobar que no se trata de una de las muchas posibles irregularidades que existen en la lengua (las cuales estaban presentes en muchos de los pares de relleno), mientras que si se enfrenta a una violación de la concordancia del número, esta comprobación ulterior es considerablemente más sencilla. Por otro lado, los pares que presentan la doble violación incluyen dos rasgos “incorrectos” y la decisión puede tomarse de forma fiable sin necesidad de realizar comprobaciones adicionales. Como resultado, los pares que incluyen la doble violación presentan una latencia similar a la de los pares de palabras que concuerdan gramaticalmente, e inferior a la de los pares que presentan cada una de las violaciones por separado. Por lo tanto, parece ser que al menos en este estadio tardío del análisis, la decisión sobre si existe una violación de género o de número depende de un mismo proceso que es capaz de beneficiarse de la información de género y de la de número conjuntamente.

Otra explicación alternativa que daría cuenta de las diferentes latencias del componente P3 sería la posibilidad de que existan procesos adicionales no detectables en los PREs y que tienen lugar entre el intento de integración y la categorización del estímulo. Por ejemplo, atendiendo a un modelo de “cohorte” (Marslen-Wilson, 1993), es posible que en el caso de palabras que no concuerden con su antecedente, los primeros segmentos de estas palabras activen otras formas léxicas que concuerden gramaticalmente con su antecedente. Al menos en reconocimiento auditivo de palabras, existen datos que apoyan la idea de que la marca de género de un artículo que precede a

un sustantivo puede restringir el número de candidatos que activa el segmento inicial de dicho sustantivo (Grosjean, Dommergues, Cornu, Guillelmon, y Besson, 1994; Dahan, Swingley, Tanenhaus y Magnuson, 2000). En el caso del par “la piano”, el segmento “pia-“ activaría inicialmente la palabra “pianola” de forma más intensa que la palabra “piano” debido al influjo de la categoría gramatical que se espera tras la lectura del determinante femenino “la”. De esta manera y tras activación de la forma leída, las palabras gramaticalmente correctas han de ser inhibidas requiriendo un tiempo adicional. En los pares sustantivo-adjetivo como “faro alta”, la raíz de “alt-“ activaría la forma masculina y la femenina, siendo mayor inicialmente la activación de la forma masculina, por lo que tendría que ser posteriormente inhibida. Este proceso adicional sólo tendría lugar en los pares en los que no hay concordancia, produciendo así latencias más largas. De forma similar se interpretarían las latencias más largas en los pares que no concuerdan en género frente a los que no lo hacen en número. Si aceptamos que el género es una característica asociada al léxico, la activación de candidatos activaría formas léxicas independientes, mientras que las comparaciones de alternativas relacionadas con el número se realizarían dentro de la misma forma léxica sin requerir la inhibición de otros candidatos léxicos. Sin embargo, atendiendo a este hipotético proceso de inhibición resulta difícil explicar las latencias más cortas en el caso de la doble violación, ya que en este caso también se activarían formas alternativas que tendrían que ser posteriormente inhibidas.

Finalmente, hay que considerar que las latencias más largas encontradas en el caso de la no concordancia de género, son consistentes con las diferencias constatadas entre las violaciones de género y las de número en el experimento 1. En el experimento 1 se encontraron amplitudes mayores para la no concordancia de género frente a la de número en el segmento final de la P600, lo que podría indicar un mayor coste en los últimos procesos de integración o cierre. Por lo tanto, los resultados de ambos experimentos pueden deberse a que los procesos de reanálisis sean más complejos cuando se realizan sobre la información de género.

Con anterioridad se han señalado correlaciones entre las variaciones de latencia del componente P3 y las encontradas en los tiempos de respuesta (McCarthy y Donchin, 1981). También en nuestros datos, los tiempos de respuesta presentan un patrón similar

al de las variaciones en latencia del componente P3. Los sujetos tardaron más en contestar cuando los pares no concordaban que cuando concordaban, pero cuando la violación era de género y número simultáneamente los tiempos se aproximaban a los de las condiciones de concordancia. Sin embargo las latencias de P3 y los tiempos de respuesta difieren entre sí cuando se comparan la no concordancia de género frente a la de número, ya que en el caso de los tiempos de respuesta no existen diferencias entre ellos e incluso la tendencia es el sentido contrario (los sujetos tardan más con la no concordancia de número que con la de género, aunque esta diferencia no es significativa). De esta manera, la tendencia de los tiempos de respuesta no sólo parece ser contradictoria con las latencias de pico del componente P3, sino que además también muestran una tendencia contraria a los descritos por Faussart et al. (1999), quienes encontraron mayores latencias de respuesta en el caso de la no concordancia de género<sup>37</sup>. Lamentablemente, no resulta pertinente especular sobre estos datos ya que el presente experimento no se diseñó para extraer conclusiones a partir de los tiempos de reacción y a los sujetos no se les pidió rapidez en las respuestas.

En resumen, con la manipulación de la concordancia gramatical se han detectado efectos en dos componentes diferentes: uno con distribución anterior-izquierda que relacionamos con análisis de tipo sintáctico y otro con distribución central-posterior que relacionamos con procesos de integración léxica. Podemos decir que estos componentes negativos pueden estar reflejando la detección de la imposibilidad de la integración gramatical de un par de palabras o la actividad que subyace al intento de integración en sí mismo. Estos procesos se ven afectados de la misma forma cuando el rasgo que imposibilita la integración es el género, cuando es el número o cuando son ambos a la vez. En cualquier caso, aunque el inicio de estos procesos se inicie y tenga su efecto máximo en el mismo momento en todas las condiciones experimentales de no concordancia, en algunas situaciones puede requerir comprobaciones adicionales. De este modo, los pares de doble violación se sirven de dos pistas simultáneamente y permiten una decisión rápida, mientras que los otros casos de no concordancia necesitan realizar otras comprobaciones, siendo éstas más complejas cuando se trata de las reglas de concordancia de género. Éstos cálculos

---

<sup>37</sup> Aunque en este caso, tanto la modalidad de presentación como la tarea eran diferentes.

retrasan la finalización o cierre de los procesos que reflejan los componentes negativos y consecuentemente los procesos de clasificación o toma de decisión de cara a la emisión de la respuesta que se reflejan en el componente P3.

### **Diferencias entre tipos de pares de palabras**

Aunque las condiciones de concordancia en los dos tipos de palabras produjeron ondas similares, las diferencias entre los pares de palabras se hicieron patentes en las ondas correspondientes a las condiciones de no concordancia. Tanto los pares sustantivo-adjetivo como los pares artículo-sustantivo presentaron el efecto descrito entre los 300 y los 500 ms, aunque su distribución varió ligeramente. Mientras que en las zonas posteriores el efecto no se diferenció entre los dos tipos de pares, en la zona anterior-izquierda el efecto fue claramente de mayor intensidad en los pares artículo-sustantivo que los pares sustantivo-adjetivo.

En los experimentos de Münte y Heinze (1994) se utilizaron pares de palabras formados por una palabra función más una de contenido y la distribución de los efectos resultó claramente lateralizada hacia la izquierda. Esta distribución es congruente con la tendencia hacia el hemisferio izquierdo que presenta el efecto en nuestros pares artículo-sustantivo.

Debido al solapamiento del efecto anterior con el posterior, resulta difícil precisar si la diferencia entre una y otra distribución es cuantitativa o cualitativa. Es decir, si el efecto anterior-izquierdo está presente sólo en los pares artículo-sustantivo o si en estos pares simplemente es de mayor intensidad. Parece que, aunque en menor grado, también existen diferencias en los electrodos anteriores en los pares sustantivo-adjetivo. Pero en este caso no se presentan lateralizadas, por lo que posiblemente se deban al efecto posterior que posee distribución central, siendo el efecto anterior-izquierdo exclusivo de los pares artículo-sustantivo.

Las palabras *targets* en el caso de los pares sustantivo-adjetivo son los adjetivos, mientras que en los pares artículo-sustantivo son los sustantivos. Esta primera diferencia no parece ser suficiente para justificar las variaciones en la distribución del efecto, ya que las diferencias que se han descrito en estas latencias entre estos tipos de palabras van en

el sentido contrario, es decir amplitudes más negativas para los nombres que para los adjetivos (Brown et al., 1999).

Más relevantes pueden ser los datos que muestran diferencias en el procesamiento de las palabras función respecto a las palabras de contenido cuando se utilizan medidas electrofisiológicas. Una de estas diferencias es la presencia de un componente negativo en la zona anterior-izquierda denominado N280 (Neville et al., 1992) aunque no exista acuerdo sobre el significado real de dicho componente (Brown, Hagoort y Keurs, 1999; Münte, Wieringa, Weyerts, Szentkuti, Matzke, y Johannes, 2001). Otros estudios proponen que las zonas que se activan cuando se recuperan palabras de contenido abarcan amplias zonas en el córtex, especialmente zonas parieto-occipitales, mientras que las palabras función activan zonas anteriores del hemisferio izquierdo (Pulvermuller, 1996). Aunque en ambos casos se analiza una palabra de contenido, en un tipo de par esta palabra se tiene que integrar con una de contenido (sustantivo) y en otro caso tiene que integrarse con una palabra función (artículo). Dada la integración que necesitaban hacer los lectores ante la tarea que se les pedía, era necesario que se realizara la activación simultánea de las dos palabras del par. De esta manera, la activación de las dos palabras de contenido puede resultar en un efecto de distribución posterior mientras que la activación de una palabra función con una de contenido produciría un efecto anterior-izquierdo más uno posterior. Por otro lado, algunos efectos del tipo N400 han presentado distribuciones anteriores (Nobre y McCarthy, 1994; Kounios y Holcomb, 1994) y en general la distribución de la N400 varía según el tipo de material y la modalidad sensorial. Por esta razón, la N400 ha sido considerada como el producto de diferentes generadores cuyos pesos varían según el tipo de material y las demandas de las tareas (Kounios, 1996; Kutas y Federmeier, 2000). Teniendo en cuenta estas consideraciones, las diferencias encontradas entre ambos tipos de pares de palabras pueden ser interpretados como diferencias en la distribución de un mismo efecto, es decir, originados por un mismo proceso funcional en el que intervienen diferentes generadores según los distintos tipos de vocabulario que se han de intentar integrar en cada caso.

Sin embargo, puede darse otra explicación de las diferencias entre pares de palabras atendiendo a la relevancia sintáctica de ambos tipos de pares. Los pares

formados por un artículo seguido de un sustantivo pueden considerarse como un sintagma determinante, es decir, una unidad sintáctica mínima, mientras que los pares sustantivo-adjetivo no pueden constituir una unidad sintáctica autónoma por sí mismos. Algunos trabajos utilizando la técnica de PREs muestran que la LAN se relaciona con el análisis sintáctico. Por esta razón, la mayor presencia del efecto en zonas anteriores del hemisferio izquierdo en los pares artículo-sustantivo puede deberse al intento de integración sintáctica que no se produce con los pares sustantivo-adjetivo. Esta segunda explicación cobra más fuerza si consideramos los resultados del experimento 1, donde se encontró un aumento de las amplitudes negativas con distribución anterior-izquierda como respuesta a la misma manipulación de la concordancia gramatical. Dicho efecto se identificó como una modulación de la LAN, componente que, como se ha indicado anteriormente, se ha relacionado con el procesamiento sintáctico. Como apoyo a esta interpretación hay que añadir el hecho de que las diferencias entre los efectos de ambos pares se observan con mayor claridad cuando se reduce la ventana de 300 a 500 ms a una de 300 a 400 ms, siendo esta última la ventana temporal en la que se localizaron los efectos de la LAN en el experimento 1. Por lo tanto resulta plausible afirmar que el efecto que encontramos en los pares artículo-sustantivo está, al menos, relacionado con la LAN. A diferencia de la anterior interpretación, en este caso las diferencias entre pares de palabras se deberían a la existencia de dos generadores independientes tanto desde el punto de vista neuronal como desde el funcional.

Colé y Seguí (1994) encontraron que la integración sintáctica puede estar modulada por el tipo de vocabulario de las palabras implicadas. En una tarea de decisión léxica los sujetos de sus experimentos tardaron más en reconocer una palabra cuando ésta era precedida por otra con la que no concordaba gramaticalmente. Este efecto de *priming* gramatical fue mayor cuando una palabra de contenido (sustantivo) era precedida por una palabra de función (artículo), respecto a cuando la misma palabra de contenido era precedida por otra palabra de contenido (adjetivo). El efecto fue mayor a medida que se disminuyó el SOA. Estos autores mantienen la existencia de dos procesadores autónomos, uno sintáctico y otro léxico-semántico. A pesar de ser independientes, la salida del procesador sintáctico podría interferir en los procesos léxico-semánticos si se produce de forma temprana. Esto es lo que ocurriría a SOAs cortos en los pares

artículo-sustantivo dadas las características de las palabras función. Siguiendo el modelo de Garret (1979) podemos decir que las palabras función cumplen una función claramente sintáctica en el procesamiento de frases y son inmediatamente utilizadas para computar relaciones sintácticas. Por el contrario, en el análisis de las palabras de contenido se daría prioridad a su información léxico-semántica y posteriormente se tendría en cuenta su información sintáctica. Estos autores asumen que las características morfológicas son computadas exclusivamente por el procesador sintáctico y no por el léxico-semántico. En nuestros datos el componente N400, que tradicionalmente se ha relacionado con el análisis léxico-semántico, se ve afectado por la información morfo-sintáctica. Esto indicaría, o bien que este procesador léxico-semántico es sensible a la información morfológica, o bien que la N400 refleja procesos de integración postléxicos. Esta cuestión será tratada en mayor profundidad en el último apartado de esta discusión.

Otras características que diferencian a los dos tipos de palabras no parecen dar cuenta de las diferencias encontradas: el hecho de que en un caso el adjetivo posea género variable y el sustantivo no, podría producir efectos diferentes entre pares, pero sólo en el caso de la no concordancia de género. Sin embargo, las diferencias que nos ocupan aparecen tanto para la no concordancia de género como para la de número. En cuanto a la mayor repercusión semántica de la no concordancia en los pares sustantivo-adjetivo, cabría esperar que dicha diferencia se manifestara en el componente típicamente “semántico”, es decir, en la N400 con distribución posterior. Por el contrario, es en las zonas posteriores donde no se aprecian diferencias entre los dos tipos de pares.

En resumen, el efecto que produce la no concordancia sobre la zona anterior-izquierda puede estar presente sólo en los pares artículo-sustantivo porque estos constituyen una unidad sintáctica por sí mismos, y por lo tanto sólo en estos pares se produce un análisis sintáctico similar al que subyace al efecto LAN en frases. Sin embargo, dado que existen varias diferencias entre los dos tipos de pares, no podemos descartar totalmente otras explicaciones alternativas y serán necesarias otras investigaciones para contrastar nuestra propuesta. En cualquier caso, el hecho más relevante de estas diferencias de cara a la presente investigación es que ponen de

manifiesto la existencia de dos efectos diferentes: uno posterior que no se ve afectado por el tipo de par, y uno anterior-izquierdo que sólo se produce en los pares artículo-sustantivo.

### **La N400 y la integración morfosintáctica**

En general, la N400 se considera como el reflejo de procesos de integración de las palabras para formar representaciones de orden superior. Estos procesos estarían influidos tanto por la información disponible en la memoria de trabajo (información contextual) como por la disponible en la memoria a largo plazo, dependiente del sistema léxico-semántico y ampliamente distribuida en diferentes redes (Kutas y Federmeier, 2000).

Dada esta interpretación funcional de la N400 resulta tentador relacionar dicho componente con un procesador exclusivamente semántico, como se ha hecho en numerosas ocasiones. En este caso resultaría difícil explicar cómo la no concordancia gramatical produce el efecto N400 incluso en los casos donde no existe posibilidad de integración semántica, como sucede con los pares artículo-sustantivo. En estos pares, las consecuencias semánticas de la no concordancia gramatical no son fáciles de determinar, ya que aunque el artículo posee información conceptual con implicaciones importantes de cara a la semántica del discurso (especificando al sustantivo), a sus marcas morfológicas no se les puede asignar una dimensión referencial. En este sentido Levelt considera la selección de características morfológicas del determinante durante la producción del lenguaje como una “elección indirecta” ya que depende de las características morfológicas de otros ítems léxicos (Levelt, 1989). Incluso el caso de los morfemas de género y de número de los adjetivos son considerados de forma similar desde el punto de vista gramatical, ya que éstos no caracterizan el contenido léxico del adjetivo, sino que son meros significantes del género y número del sustantivo al que se aplican.

Distintos modelos en psicolingüística proponen que las características léxico-semánticas y las morfosintácticas son analizadas por separado sin influirse mutuamente (Forster, 1979). Sin embargo esta autonomía se limita a los procesos de recuperación léxica. En un segundo momento, la información de ambos módulos es utilizada en

procesos de integración postléxicos en los que se contrasta con la información contextual. Diferentes estudios han mostrado que el efecto del *priming* gramatical tiene su origen en estos procesos posteriores al acceso léxico (Seidenberg et al., 1984). Del mismo modo, los efectos sobre la N400 se relacionan con los procesos de integración postléxicos, pero no con la activación o recuperación léxica (Kutas y Federmeier, 2000).

Las posibles interacciones entre los procesos postléxicos de integración sintácticos y los semánticos siguen siendo objeto de debate en el campo de los estudios electrofisiológicos del lenguaje. Aunque algunos trabajos han mostrado cambios en la amplitud de la N400 producidos por la transgresión de la concordancia gramatical (Hagoort y Brown, 1999), estos resultados se han interpretado como las consecuencias semánticas de la transgresión sintáctica. Hagoort y Brown (1997) encontraron que el efecto N400 es mayor cuando una palabra, además de ser incongruente semánticamente, no concuerda gramaticalmente en género con sus antecedentes. De esta manera, los autores proponen que los procesos de integración que refleja la N400 son también sensibles a la integración de la información sintáctica. Wicha y Kutas (2001) realizaron un experimento similar en español, en el que presentaron frases cuya última palabra era sustituida por un dibujo. Este dibujo representaba un objeto que podía ser el esperado según el contexto de la frase, o bien un objeto no relacionado semánticamente con el contexto precedente. Los objetos no relacionados se dividían a su vez en dos tipos, unos compartían género (sintáctico) con el objeto esperado y otros no. Los dibujos no relacionados semánticamente produjeron una mayor N400 que los predecibles, y además este efecto fue mayor cuando no compartían el género con la palabra esperada. Estos resultados pueden indicar que las expectativas semánticas generadas por el contexto incluyen también algún tipo de información morfo-sintáctica independiente de la semántica.

Gunter et al. (2000) llegan a conclusiones opuestas tras realizar experimentos en los que se también se manipularon variables semánticas y violaciones de la concordancia de género simultáneamente. En este caso no se encontró ningún efecto de la concordancia gramatical sobre la N400, ni de las variables semánticas sobre la LAN, aunque sí hubo interacción en el efecto P600. Estos autores concluyen que la

informaciones sintáctica y semántica son procesadas de forma independiente en un primer momento (N400-LAN) y sólo se influyen en un estadio posterior (P600).

Si asumimos que los procesos de integración puedan servirse de la información de los diferentes módulos de análisis, podemos entender el concepto de integración léxico-semántica que modula a la N400 en un sentido amplio: la N400 reflejaría procesos de integración de las diferentes características asociadas a las representaciones léxicas, las cuales, según modelos como el de Levelt (1989), incluyen información fonológica, sintáctica y semántica. Esto no significa que este proceso sea el responsable de la integración sintáctica. Paralelamente, y en algunos casos, la información sintáctica pueda ser utilizada por otro procesador para establecer estructuras sintácticas, siendo los efectos de este procesador sintáctico los que se reflejan en la LAN.

Los efectos del *priming* fonológico sobre la N400 apoyan esta visión. La integración a partir de las características fonológicas modula la amplitud de la N400, pero sólo cuando las características de la tarea así lo requieren, por ejemplo, cuando las sujetos tienen que detectar rimas entre palabras (Rugg y Barrett, 1987). Sin embargo, el efecto de la integración semántica se produce incluso en ausencia de tarea, por lo que es posible que este tipo de integración se realice por defecto y de forma natural mientras que la fonológica no. Algo similar puede ocurrir con la integración de características morfológicas que produce el efecto N400 en nuestros datos. Por lo tanto, existe la posibilidad de que el uso de la información morfo-sintáctica por el procesador léxico-semántico se produzca en respuesta a los requerimientos específicos de la tarea, lo cual explicaría la ausencia de dicho efecto en la lectura de frases (experimento 1).

En cualquier caso, la posibilidad de que se utilice la información morfológica en los procesos de integración léxica puede ser también una característica propia de las lenguas con una morfología altamente flexiva, las cuales permiten la integración más o menos autónoma de unidades morfológicas como los sufijos o algunas palabras función.



## **6.- DISCUSIÓN GENERAL**

### **Efectos de la concordancia gramatical**

En esta investigación se han realizado dos experimentos en los que se analizan los efectos de la lectura de palabras que concuerdan gramaticalmente o no con otras palabras. La concordancia se ha estudiado en dos situaciones diferentes. En el primer experimento, los sujetos leyeron frases en las que en algunas ocasiones se violaban las reglas de concordancia morfo-sintácticas del español. En el segundo experimento, las mismas palabras que fueron analizadas en el primero se presentaron junto con algunas de las palabras con las que debían concordar en las frases, de forma que en estos pares también se manipuló la concordancia gramatical.

Los resultados mostraron, en el caso del experimento con frases, que la violación de la concordancia gramatical desencadena el efecto conocido como P600, es decir, un aumento de la amplitud que se produce a partir de los 500 ms en respuesta a dichas violaciones gramaticales. Atendiendo a su distribución pudieron distinguirse dos momentos diferentes dentro de este efecto. El primero de ellos, delimitado entre los 500 y los 700 ms, presentó una distribución central que abarca tanto zonas anteriores como posteriores de la línea media, mientras que el segundo, que se extiende varios cientos de milisegundos a partir de los 700 ms, presenta una distribución claramente posterior y lateralizada hacia el lado derecho. Estos dos momentos pueden estar relacionados con dos tipos de procesos. El primero reflejaría la dificultad de realizar un tipo de integración sintáctico-semántica, mientras que el segundo sería fruto de procesos de reanálisis, así como de intentos de reparación de la inconsistencia detectada.

En este mismo experimento el efecto de P600 fue precedido por el efecto LAN, localizado entre los 300 y los 400 ms en la zona anterior del hemisferio izquierdo. De esta forma, se replican los resultados de investigaciones anteriores que han descrito tanto el efecto LAN como el P600 en respuesta a violaciones de la concordancia gramatical.

Los dos efectos descritos se produjeron como consecuencia de las manipulaciones de la concordancia, independientemente del lugar de la manipulación y de la estructura implicada. Sin embargo, se observó una tendencia a que los efectos producidos por la concordancia entre sintagmas, establecida a mitad de frase, fueran mayores que los efectos de la manipulación de la concordancia intrasintagma al inicio de las frases. Este dato puede indicar un mayor coste en los procesos que establecen las relaciones de concordancia a medida que aumenta la complejidad de la frase.

La misma manipulación de la concordancia gramatical en el experimento de pares de palabras resultó en dos efectos simultáneos en el tiempo. Entre los 300 y los 500 ms, la no concordancia gramatical produjo dos efectos, de signo negativo, sobre las amplitudes de los potenciales promediados. Uno de ellos presenta una distribución central y posterior, y se produce en los dos tipos de pares analizados. El otro efecto está localizado en la zona anterior del hemisferio izquierdo y sólo aparece con los pares formados por un artículo seguido de un sustantivo.

Comparando los dos experimentos, observamos que las mismas manipulaciones produjeron en la zona anterior-izquierda un aumento de las amplitudes negativas entre los 300 y los 400 ms, tanto en frases como en los pares del tipo artículo-sustantivo. Dicha comparación nos lleva a considerar que ambos efectos pueden constituir manifestaciones de un proceso común, y por lo tanto, a identificar el efecto encontrado con los pares de palabras del tipo artículo-sustantivo como el efecto LAN descrito previamente en el contexto de frases.

En los dos experimentos se les pidió a los sujetos que realizaran una tarea de juicio gramatical. Esta tarea puede tener implicaciones importantes que han de ser consideradas.

La tarea de juicio gramatical nos garantiza que la concordancia se establece de forma directa en todos los casos. De esta manera nos aseguramos de que los procesos que nos interesa medir se están produciendo realmente, y de que las relaciones de concordancia no se establecen de una manera superficial. Pero esta tarea, tal vez, pueda estar obligando al lector a focalizar la atención en un proceso que es uno más de los que normalmente tienen lugar durante la lectura. Como consecuencia, los otros procesos de

comprensión pueden quedar de alguna manera atenuados o eclipsados. El principal aspecto negativo de esta tarea es que existe la posibilidad de que las estrategias de las que se sirve el procesador para resolver la concordancia en situaciones de demandas específicas no sean exactamente las mismas que las que despliega durante el proceso de la lectura habitual. Por lo tanto, podría argumentarse que los efectos encontrados con esta tarea son solamente fruto de un artefacto experimental.

Diversas investigaciones han mostrado que el efecto P600 es similar cuando el sujeto tiene que realizar una tarea de juicio gramatical que cuando simplemente tiene que leer las frases, encontrándose solamente que el efecto es ligeramente menor en este segundo caso (Osterhout y Mobley, 1995). De la misma manera, el efecto LAN se ha constatado en experimentos sin demandas adicionales a la lectura, e incluso en experimentos de *priming* gramatical en las mismas condiciones (Münte y Heinze, 1994). Teniendo en cuenta estos datos, no parece razonable considerar que los efectos encontrados en nuestra investigación sean solamente el fruto de las demandas impuestas por el experimentador.

Sin embargo, la aparición del efecto N400 solamente en el experimento de pares de palabras sí puede guardar una relación directa con la tarea que se solicitó a los lectores. El efecto N400 aparece habitualmente asociado a procesos de integración léxico-semántica. Este efecto (al igual que los efectos LAN y P600) se ha constatado en experimentos en los que a los sujetos se les pedía solamente que leyeran pares de palabras (Brown et al., 2000). Sin embargo, en experimentos de *priming*, algunas manipulaciones que modulan el componente N400 se han mostrado altamente dependientes de la tarea. En particular, el efecto de la rima de las palabras sobre este componente se ha encontrado sólo cuando la tarea está explícitamente relacionada con características fonológicas de las palabras (Rugg y Barrett, 1987).

Podemos aceptar que los procesos encargados de crear representaciones unificadas a partir de diferentes palabras, realizan su función considerando preferentemente la información semántica, aunque también pueden servirse de forma secundaria o accesoria de otro tipo de información, como es la fonológica o la morfológica. De esta manera, en el caso de la lectura de pares de palabras presentadas de forma aislada, cuando el procesador tiene que decidir si las palabras concuerdan o no,

puede resultar más sencillo intentar directamente la integración de la información morfológica que esperar a que concluyan los procesos de integración sintáctica.

Siguiendo el modelo propuesto por Friederici (Friederici, 1995; Hahne y Friederici, 1997), los procesos de análisis sintáctico tendrían lugar antes (earlyLAN) y al mismo tiempo (LAN) que los que integran la información léxico-semántica (N400), pero no culminarían hasta que toda la información no haya sido integrada y en algunos casos reprocesada (P600). De esta manera, en nuestro experimento de pares de palabras a los sujetos les resultaría menos costoso la integración de la información léxica que el intento repetidamente frustrado de crear una estructura sintáctica. Así se explica también el hecho de que no aparezca el efecto P600 en este experimento, ya que la decisión se tomaría en un estadio anterior a los procesos asociados a este componente. Por el contrario, en el caso del experimento de frases la estructura sintáctica tiene que establecerse obligatoriamente para garantizar la comprensión de la frase. Además, el sujeto no tiene que responder hasta que no haya finalizado la lectura de la frase, y no en el momento en el que lee las palabras *target*, por lo que se puede servir del resultado de los procesos sintácticos sin necesidad de adelantar la decisión. Como consecuencia, los efectos en el experimento de frases se localizan en los componentes LAN y P600, sin que la N400 se vea afectada.

Considerando de forma aislada los resultados del experimento de pares de palabras, resulta tentador interpretar que la modulación del componente N400 se debe exclusivamente a las “consecuencias semánticas” de la no concordancia gramatical. Aunque esta propuesta puede resultar confusa, ya que el género y el número de artículos y adjetivos parecen ser rasgos exclusivamente sintácticos sin dimensión referencial, cabría esperar que la no concordancia gramatical en el contexto de frases conlleve, al menos, las mismas “consecuencias semánticas”. Sin embargo, en nuestros datos no se encuentra el efecto N400 en respuesta a las mismas violaciones gramaticales insertadas en frases, aun cuando en las violaciones que se producen a mitad de frase las implicaciones semánticas de la no concordancia gramatical sí podrían ser más relevantes que las que se producen al inicio o en los pares de palabras aislados.

Otro aspecto interesante a tener en cuenta, en la misma línea de interpretación de los datos, es la aparición del componente LAN solamente en uno de los dos tipos de

pares de palabras del experimento 2. Como ya se indicó en la discusión del segundo experimento, el hecho de que ambos tipos de pares produzcan efectos diferentes puede explicarse atendiendo a las características léxico-morfológicas de los *targets* (por ejemplo, adjetivos versus sustantivos, o género variable versus fijo). Sin embargo, nuevamente atendiendo a los resultados del experimento de frases, resulta difícil explicar por qué las diferencias que muestran los PREs entre los dos tipos de *targets* no se mantienen cuando los mismos *targets* (con las mismas diferencias léxicas) son insertados en frases. Es evidente que queda abierta la posibilidad de que los efectos léxicos se anulen en el contexto de frases, de la misma manera que efectos como por ejemplo el de la frecuencia léxica se mitigan a medida que aumenta la importancia del contexto. Sin embargo, en este caso esperaríamos que la LAN desapareciera en el contexto de frases en lugar de estar presente en los dos tipos de *targets*, que es lo que sucede en el experimento 1.

Una hipótesis más parsimoniosa y acorde con el modelo que estamos defendiendo, es que los diferentes efectos encontrados en los dos tipos de pares de palabras (experimento 2) se deben a las características sintácticas de los pares, y no a los rasgos de las palabras por separado. El sintagma está considerado como la mínima unidad sintáctica. Los pares artículo-sustantivo constituyen por sí mismos un sintagma nominal mientras que, por el contrario, el par sustantivo-adjetivo necesita al menos un determinante para formar este tipo de unidad autónoma. De esta manera, no resulta difícil aceptar que los pares artículo-sustantivo pueden constituir un estímulo adecuado que dispare los procesos de integración sintáctica, mientras que los pares sustantivo-adjetivo, a pesar de ser susceptibles de tal integración, pueden resultar menos adecuados.

La causa de la “inadecuación” de los pares sustantivo-adjetivo para provocar la integración sintáctica podría ser no tanto la relación sintáctica de sus constituyentes, que de hecho se puede establecer, sino su descontextualización respecto a una posible estructura sintáctica. La asociación determinante-sustantivo puede constituir, y de hecho sucede habitualmente, el inicio de una nueva oración. Sin embargo, la asociación sustantivo-adjetivo no puede encontrarse en dicha posición inicial. Teniendo en cuenta que la constitución (al menos provisional) de la estructura sintáctica es un proceso que antecede a la integración de las características morfológicas (Frazier, 1987), puede ser

también un requisito previo para que dicha integración se produzca. En el caso de los pares sustantivo-adjetivo, desde el primer momento no constituyen un estímulo adecuado con el que se pueda abrir un nuevo árbol sintáctico y por lo tanto los procesos de integración sintáctica no tienen lugar. Por el contrario, los pares artículo-sustantivo sí forman un inicio de oración adecuado, por lo que tiene lugar el intento de integración sintáctica, el cual produce el aumento de la LAN en los casos en que esta integración es imposible. En este sentido es posible que las palabras función jueguen un papel especialmente relevante a la hora de desencadenar estos procesos de naturaleza sintáctica.

Por lo tanto, la LAN estaría reflejando procesos más o menos automáticos de integración que se disparan ante estímulos adecuados. Por esta razón el efecto LAN estaría presente también en las dos violaciones realizadas en el seno de las frases, independientemente del tipo de *target* y de la posición, porque en ambos casos siempre se cumplen los requisitos mínimos respecto a la existencia de una potencial estructura sintáctica.

En cualquier caso, lo que sí parece claro es que el efecto localizado en la zona anterior-izquierda en uno de los tipos de pares no parece ser necesario para la resolución de la tarea, ya que los sujetos realizaron la tarea con la misma eficacia y rapidez en ambos tipos de pares de palabras, es decir, independientemente de si el efecto LAN está o no presente. Esta independencia del efecto LAN respecto a la resolución de la tarea es congruente con nuestra anterior propuesta de que la decisión no depende de procesos estrictamente sintácticos, sino de procesos de integración léxica reflejados en la N400.

Otro aspecto importante a destacar son las diferencias entre los dos experimentos respecto al componente P600. Si comparamos los pares de palabras del tipo artículo-sustantivo cuando se presentaron de forma aislada (experimento 2) frente a cuando constituían el inicio de una frase (experimento 1), podemos decir que cuando los sujetos leían el segundo elemento de estos pares, en ambos casos disponían de la misma información, tanto sintáctica como semántica. Sin embargo, cuando esta palabra no concordaba con su antecesora sus efectos no fueron exactamente los mismos en los dos experimentos. El hecho de que en el contexto de frases aparezca la P600 y en los pares presentados aislados no esté presente, indica que la simple expectativa de que se va a

leer una frase puede determinar que los procesos con los que se relaciona este componente tengan lugar o no. Este dato se une a otros aportados por otras investigaciones que apuntan a que el componente P600, a diferencia de la LAN, por su carácter tardío está sujeto al control voluntario, a las expectativas o a las estrategias de resolución de las tareas (Gunter y Friederici, 1999).

### **La concordancia de género frente a la de número**

El objetivo principal de esta investigación era el de comparar directamente los efectos del procesamiento de la concordancia de género con los del procesamiento de la concordancia de número.

Como se vio en la introducción, existen diferencias importantes entre la información morfológica de género y la de número. El número se rige por un sistema de reglas mucho más regular que el género. Además, el género en muchos casos es una característica exclusivamente léxica, mientras que el número casi siempre se puede considerar, además, como un rasgo conceptual. A partir de estas diferencias se ha propuesto que ambos tipos de información son tratados de forma diferente en los procesos de comprensión del lenguaje.

Fundamentalmente se ha propuesto que las diferencias entre el procesamiento del género y el del número pueden afectar de dos maneras diferentes en los procesos de comprensión.

Por un lado, la información de número puede jugar un papel más importante que la de género en el establecimiento de la estructura sintáctica de la frase. Esto se debería a que el número puede tener su propia representación en el árbol sintáctico, mientras que el género se consideraría como una característica parásita desde el punto de vista sintáctico. De esta manera, el procesador tendría en cuenta la información de número desde los primeros momentos del análisis sintáctico, mientras que la información de género sería utilizada en un estadio posterior, cuando se considerara la información léxico-semántica.

Por otro lado, los dos tipos de información pueden estar representados de forma diferente en el léxico. El género sería una característica directamente asociada a la raíz, mientras que el número sería un rasgo que se añadiría a ésta durante el proceso de recuperación. Esta diferencia no sólo afectaría a los procesos de almacenamiento y recuperación sino que también tendría repercusiones sobre los procesos de análisis sintáctico. Ante la detección de una inconsistencia en las relaciones de concordancia, en el caso de que falle el género, el procesador tendría que revisar tanto los procesos de integración sintáctica como los de acceso al léxico. Por el contrario, en el caso de que sea la información de número la que plantee el problema, el procesador sólo tendría que comprobar los procesos de integración sintáctica.

En esta investigación se han intentado encontrar correlatos electrofisiológicos que apoyen la existencia de diferencias en el procesamiento del género y del número en estos dos procesos diferentes del análisis sintáctico: la integración y el reanálisis.

En la ventana de los 300 a los 500 ms no se encontraron diferencias entre el efecto de la no concordancia de género y el efecto de la no concordancia de número, en ninguno de los dos experimentos, ni en ninguno de los distintos tipos de materiales utilizados.

En el caso del experimento de frases, tanto a principio como a mitad de frase, el efecto LAN fue equivalente en los dos tipos de concordancia. Del mismo modo, en el experimento de pares de palabras, tanto los efectos posteriores como la negatividad anterior de los pares artículo-sustantivo presentaron características similares en ambos tipos de concordancia. La equivalencia de los efectos resultantes de la manipulación de la concordancia de género y la de número se constató en todas las dimensiones de las señales que fueron analizadas: en su polaridad, amplitud, latencia y distribución sobre el cráneo.

Como señalamos con anterioridad, los componentes LAN y N400 se han relacionado con los procesos de integración sintáctica y léxico-semántica, respectivamente. Por este motivo se esperaba que los diferentes papeles propuestos para el género y para el número en estos procesos produjeran diferencias en estos componentes. Concretamente, se esperaba que la no concordancia de número

desencadenara un efecto sobre la LAN de mayor magnitud que el producido por la no concordancia de género. Por otro lado, y ya que el género es una característica asociada a la raíz morfológica mientras que el número no, se predijo que la no concordancia de género produciría un efecto mayor sobre el componente N400 que el que produciría la no concordancia de número. Nuestros datos no apoyan estas predicciones, ni en general la idea de que la información de género y la de número sean tratadas de forma diferente o impliquen distintos procesos cuando se realiza la integración sintáctica, ya que el impacto de la violación de la concordancia parece ser el mismo en ambos casos. A la vista de estos resultados, no podemos respaldar los modelos que proponen que el número es utilizado de forma preferente y con anterioridad en el tiempo que el género. Evidentemente la ausencia de diferencias entre la manipulación de los dos tipos de concordancia no se puede considerar como una prueba en contra de dichos modelos, porque los resultados nulos pueden tener diferentes causas. Del mismo modo, aunque resulta tentador considerar que la presencia de efectos idénticos puede implicar la existencia de procesos comunes en la integración de ambos tipos de información, esta idea debe ser tomada también con cautela, ya que efectos equivalentes en la superficie del cuero cabelludo pueden ser el resultado de cambios originados en diferentes generadores neuronales.

Además de contrastar los efectos de los dos tipos de violaciones, en el experimento con pares palabras se estudió el efecto de la no concordancia de género y de número cuando se producen simultáneamente. En este caso el efecto encontrado sobre los procesos de integración fue el mismo que el que produjo cada tipo de violación por separado. Este resultado apunta nuevamente a que el procesamiento de la concordancia de género y el de la de número pueden tener procesos comunes, y a que dichos procesos funcionarían de manera dicotómica a partir de la detección de la incongruencia de una de las dos características gramaticales.

Aún cuando no se han detectado diferencias entre el procesamiento del género y el del número en los componentes LAN y N400, en el componente P600 sí se encontraron diferencias que merecen ser comentadas. En el experimento de frases, en el que se obtiene el efecto P600, en un primer momento no existen diferencias entre las condiciones de no concordancia en género y las de no concordancia en número. Sin

embargo, en el último segmento analizado, el efecto de la violación de la concordancia de género fue ligeramente mayor que el de la violación de la concordancia de número. Esta diferencia se produjo solamente en las zonas posteriores y con mayor intensidad en el hemisferio derecho. Atendiendo a la latencia y la distribución de estas diferencias, las hemos relacionado con los procesos de reanálisis o reparación que tienen lugar tras la detección de un error sintáctico. Si esto es así, la mayor amplitud del componente P600 ante la violación de la concordancia de género respecto a la de número, podría indicar que en el caso de la violación de género los procesos de reanálisis resultan más costosos que cuando se viola la concordancia de número. Esta diferencia en la complejidad o en el coste de los procesos de reanálisis la hemos interpretado atendiendo a la diferente forma en que el género y el número se asocian a las representaciones léxicas. Los procesos de reanálisis cuando falla la información de género serían más costosos porque implicarían un retorno a los primeros pasos del acceso al léxico para comprobar la adecuación de la entrada léxica seleccionada.

En el experimento con pares de palabras encontramos también diferencias entre el procesamiento del género y el del número que son congruentes con las diferencias del experimento de frases y con la forma en la que las hemos interpretado. Aunque los primeros componentes no mostraron diferencias entre las manipulaciones de género y las de número, el componente P3 presentó latencias más largas en el caso de la no concordancia de género que en el de la no concordancia de número. El componente P3 no está directamente relacionado con los procesos lingüísticos, sino con los procesos de categorización y toma de decisiones. La latencia de este componente varía con la dificultad de categorización de un estímulo. Por lo tanto, los resultados de nuestro experimento muestran que aunque los procesos de integración tienen lugar al mismo tiempo ante los dos tipos de violaciones, en el caso de la no concordancia de género el tiempo transcurrido entre estos procesos de integración y la toma de la decisión es mayor que en el caso de que la no concordancia sea de número. Esta diferencia en el tiempo puede estar indicando nuevamente que los procesos de reanálisis posteriores al intento de integración son más costosos o más complejos en el caso de que se realicen sobre la información de género.

Finalmente, en el experimento de pares de palabras tanto las latencias del componente P3 como las latencias de respuesta de los sujetos fueron más cortas cuando se produjo la doble violación que cuando se produjo cualquiera de las dos violaciones por separado. Esto indicaría que ante la doble violación, el procesador no necesitaría realizar los procesos de reanálisis, ya que al detectar la incongruencia en los dos tipos de información podría categorizar directamente al par como incorrecto con una alta probabilidad de acierto.



## 7.- CONCLUSIONES

1.- En el contexto de frases las violaciones de la concordancia gramatical produjeron los efectos LAN y P600.

2.- En los pares de palabras presentados de forma aislada se observó el efecto N400 en los dos tipos de pares analizados, mientras que el efecto LAN sólo se encontró con los pares del tipo artículo-sustantivo. Esto puede indicar que es necesario el procesamiento de una estructura sintáctica mínima (sintagma) para que se produzca el efecto LAN.

Tomados los puntos 1 y 2 conjuntamente y atendiendo especialmente a los pares artículo-sustantivo colocados al inicio de las frases, podemos decir que las expectativas del sujeto sobre el tipo de material que está leyendo (pares de palabras o frases) determina la aparición del efecto P600. Este dato apoya la relación del efecto P600 con procesos complejos de análisis sintáctico de las oraciones. Por otro lado, la N400, presente sólo en los pares de palabras, puede reflejar procesos controlados de integración de las características morfológicas de las palabras.

3.- No se observaron diferencias entre los efectos provocados por la no concordancia de género y la de número en el efecto LAN, ni en el componente N400. Tampoco la condición de doble violación se diferenció de cada una de las violaciones por separado en la ventana temporal en que los efectos LAN y N400 se manifiestan. Por lo tanto, nuestros datos no nos permiten apoyar los modelos que proponen que la información morfológica de género y de número son tratadas de diferente manera durante el análisis de las estructuras sintácticas.

4.- La P600 inicialmente tampoco diferencia entre los efectos de género y los de número pero, en un segundo momento, el efecto de la no concordancia de género muestra mayor amplitud que el de la de número.

5.- En el experimento de pares de palabras, la latencia del componente P3 fue mayor en el caso de la no concordancia de género.

Tomados conjuntamente los puntos 4 y 5, proponemos que los procesos de reanálisis o reparación que tienen lugar tras la detección de una violación de la concordancia gramatical, son más costosos en el caso de que se trate de la información de género. La causa de este mayor coste puede estar en que en el caso de errores de número sólo es necesario reanalizar los procesos de integración sintáctica, mientras que cuando se trata de la información de género, además es necesario revisar los primeros procesos de acceso al léxico, ya que los rasgos de género podrían estar asociados a la representación léxica a diferencia de lo que ocurre con los de número.

## 8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abney, S. (1987). The English noun phrase in its sentential aspect. Tesis doctoral. Massachusetts Institute of Technology, Mass: Cambridge.
- Alvarez, C.J., Carreiras, M. y Taft, M. (2001). Syllables and Morphemes: contrasting frequency effects in Spanish. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27 (2), 545-555.
- Anderson, J.E. y Holcomb, P.J. (1995). Auditory and visual semantic priming using different stimulus onset asynchronies: An event-related brain potential study. *Psychophysiology*, 32, 177-190.
- Anderson, J.E. y Holcomb, P.J. (2002). An electrophysiological investigation of the effects of Co-reference on word repetition and synonymy. *Cognition*, (en prensa).
- Barber, H., Domínguez, A. y de Vega, M. (2002). Human brain potentials indicate morphological decomposition in visual word recognition. *Neuroscience Letters*, 318 (3), 149-152.
- Bastiaansen, M.C., Van Berkum, J.A. y Hagoort, P. (2001). Event-related Theta responses in the human EEG differentiate between gender and number agreement violations during on-line sentence processing. Eighth Meeting of the Cognitive Neuroscience Society. Nueva York.
- Bentin S., Kutas M. y Hillyard S. A. (1993). Electrophysiological evidence for task effects on semantic priming in auditory word processing. *Psychophysiology*, 30, 161-169.
- Bentin S., McCarthy G. y Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60, 343-355.
- Besson, M., Fischler, I., Boaz, T. y Ramey, G. (1992). Effects of automatic associative activation on explicit and implicit memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 89-105.
- Besson, M., Kutas, M. y Van Petten, C. (1992). An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 132-249.
- Birbaumer, N., Lutzenberger, W., Elbert, T. y Trevorrow, T. (1994). Threshold variations in cortical cell assemblies and behaviour. En H.-J. Heinze, T. F. Münte, y G. R. Mangun (Eds): *Cognitive Electrophysiology*. Birkhäuser.
- Bobes, M.A., Valdés-Sosa, M. y Olivares, E. (1994). An ERP study of expectancy violation in face perception. *Brain and Cognition*, 26, 1-22.
- Boddy, J. (1986). Event-related potentials in Chronometric analysis of primed word recognition with different Stimulus Onset Asynchronies. *Psychophysiology*, 23, 232-245.

- Bradley, D.C. y Forster, K.I. (1987). A reader's view of listening. En U.H. Frauenfelder y L.K. Tyler (Eds): Spoken word recognition (103-133). Cambridge: Massachusetts, M.I.T. Press.
- Brown, C. y Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 34-44.
- Brown, C., Hagoort, P. y Chwilla, D. (2000). An even-related brain potential analysis of visual word priming effects. *Brain and Language*, 72, 158-190.
- Brown, C., Hagoort, P. y Keurs, M. (1999). Electrophysiological signatures of visual lexical processing: Open- and closed-class words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 261-268.
- Butterworth, B. (1983). Lexical representation. En B. Butterworth (Ed): Language production . Vol. 2. Development, writing and other language processes. London: Academic Press.
- Caramazza, A., Laudanna, A. y Romani, C. (1988). Lexical access and inflectional morphology. *Cognition*, 28, 297-332.
- Carreiras, M. y Meseguer, E. (enviado). Gender and number agreement in production and comprehension in Spanish.
- Colé, P. And Segui, J. (1994) Grammatical incongruency and vocabulary types. *Memory and Cognition*. 22 (4), 387-394.
- Coles, M. G. H., Gratton, G. y Fabiani, M. (1990). Event-related brain potentials. En J. T. Cacioppo y C. G. Tassinari (Eds): Principles of psychophysiology: physical, social and inferential elements. Cambridge University Press.
- Connolly, J. F. y Philips, N. A. (1994). Event-related potential components reflect phonological and semantic process of the terminal word spoken sentence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 256-266.
- Cooper, R., Osselton, J. W. y Shaw, J. C. (1980) EEG technology. 3ª edición. Butterworths.
- Corbett, G.G. (1991). Gender. Cambridge: University Press.
- Costa, A., Sebastian-Galles, N., Miozzo, M., y Caramazza, A. (1999). The gender congruity effect: Evidence from Spanish and Catalan. *Language and Cognitive Processes*, 14, 381-391.
- Coulson, S., King, J. y Kutas, M. (1998a). Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13, 21-58.
- Coulson, S., King, J. y Kutas, M. (1998b). ERPs and domain specificity: Beating a straw horse. *Language and Cognitive Processes*, 13, 653-672.
- Crick, F. y Koch, C. (1990). Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars of Neuroscience*, 2, 263-275.

- Curran, T., Tucker, D. M., Kutas, M. y Posner, M. I. (1993). Topography of the N400: Brain electrical activity reflecting semantic expectancy. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 88, 188-209.
- Chomsky, N. (1986). *Knowledge of language*. New York: Praeger.
- Chwilla, D. J., Brown, C. y Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274-285.
- Dahan, D., Swingle, D., Tanenhaus, M.K. y Magnuson, J.S. (2000). Linguistic gender and spoken-word recognition in French. *Journal of Memory and Language*, 42, 465-480.
- Damasio, A.R. (1989). The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation*, 1, 123-132.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C. y Nagata, M. (2000). Event-related potential indices of semantic priming using masked and unmasked words: evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, 9, 137-146.
- Deacon, D., Uhm, T.-J., Ritter, W., Hewitt, S. y Dynowska, A. (1999). The lifetime of automatic semantic priming effects may exceed two seconds. *Cognitive Brain Research*, 7, 465-472.
- Demestre, J., Meltzer, S., García-albea, J.E. y Vigil, A. (1999). Identifying the null subject: evidence from event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 28(3), 293-312.
- De Vincenzi, M. (1999). Differences between the morphology of gender and number: evidence from establishing coreferences. *Journal of Psycholinguistic Research*, 28, 5, 537-553.
- De Vincenzi, M. y Di Domenico, E. (1999). A distinction among phi-features: the role of gender and number in the retrieval of pronoun antecedents. En E. Di Domenico y M. De Vincenzi (Eds.): *Gender and number in normal and impaired language processing*. Special Issue of *Rivista di linguistica*, 11 (1), 41-74.
- Di Domenico, E. (1995). Features and functional projections in the noun phrase: the case of gender. 1995 GLOW Meeting. Tromsø: Noruega.
- Domínguez, A., Cuetos, F. y Seguí, J. (1999) The processing of grammatical gender and number in Spanish. *Journal of Psycholinguistic Research*, 28, 5, 485-497.
- Donchin, E. (1979). Event-related brain potentials: a tool in the study of human information processing. En H. Begleiter (Ed): *Evoked potentials and behavior*. Plenum, New York.
- Donchin, E. y Coles M. (1988) Is the P300 component a manifestation of context updating?. *Behavioral And Brain Sciences*, 11, 357-374.
- Doyle, M. C., Rugg, M. y Wells, T. (1996). A comparison of the electrophysiological effects of formal and repetition priming. *Psychophysiology*, 33, 132-147.
- Duffy, F. H., Iyer, V. G. y Surwillo, W. W. (1988). *Clinical electroencephalography and topographic brain mapping: Technology and practice*. Springer-Verlag.

- Eichenbaum, H. y Davis, J. L. (1998) *Neuronal ensembles: Strategies for recording and decoding*. Wiley-liss.
- Eliás-Cintrón, R. (1995). *Towards a general theory of agreement: a psycholinguistic study of Spanish gender*. Tesis doctoral. Cornell University.
- Engel, A. K., König, P., Kreiter, A. K. y Singer, W. (1991). Interhemispheric synchronisation of oscillatory neuronal responses in cat visual cortex. *Science*, 252, 1177-1179.
- Faussart, C., Jakubowicz, C. y Costes, M. (1999). Gender and number processing in spoken French and Spanish. En E. Di Domenico y M. De Vincenzi (Eds.): *Gender and number in normal and impaired language processing*. Special Issue of *Rivista di linguistica*, 11 (1), 75-101.
- Federmeier, K.D. y Kutas, M. (1999a). A rose by any other name: long-term memory structure and sentence processing. *Journal of memory and Language*, 24, 232-252.
- Federmeier, K.D. y Kutas, M. (1999b). Right words and left words: electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cognitive Brain Research*, 8, 373-392.
- Feldman, L. B. (1995) (Ed): *Morphological aspects of language processing*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Ferreira, F. y Clifton, C. (1986). The independence of syntactic processing. *Journal of Memory and Language*, 25, 348-368.
- Fischler, I. (1990). Comprehending language with event-related potentials. En J. W. Rohrbaugh, R. Parasuraman y R. Johnson, Jr. (Eds): *Event-related brain potentials*. Oxford University Press.
- Fischler, I., Bloom, P. A., Childers, D. G., Roucos, S. E. y Perry, N. W. (1983). Brain potentials related to stages of sentence comprehension. *Psychophysiology*, 20, 400-409.
- Forster, K.I. (1979). Levels of processing and the structure of language processor. En W.E. Cooper y E.C. Walker (Eds): *Sentence processing (27-85)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Frazier, L. (1987). Sentence processing: A tutorial review. En M. Coltheart (Ed): *Attention and performance*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Friederici, A.D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: a model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50, 259-281.
- Friederici, A.D., Hahne, A. y Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: early and late event-related potential effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 1219-1248.
- Friederici, A.D., Pfeifer, E. y Hahne, A. (1993). Event-related potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1, 183-192.

- Garnsey, S.M., Tanenhaus, M.K. y Chapman, R.M. (1989). Evoked potentials and the study of sentence comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research*, 18, 51-60.
- Garret, M.F. (1979). Word and sentence perception. En R. Held, H.W. Leibowicz y H.L. Tuerber (Eds): *Handbook of sensory physiology: Perception*, vol. 8 (611-625). New York: Springer Verlag.
- Garret, M.F. (1980). Levels of processing in sentence production. En B. Butterworth (Ed): *Language production*, vol. 1: *Speech and talk*. London: Academic Press.
- Geisser, S. y Greenhouse, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24, 95-112.
- George, St. M., Mannes, S. y Hoffman, J.E. (1994). Global semantic expectancy and language comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 70-83.
- George, St. M., Mannes, S. y Hoffman, J.E. (1997). Individual differences in inference generation: An ERP analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 776-787.
- Glaser, E. M. y Ruchkin, D. S. (1976). *Principles of neurobiological signal analysis*. New York: Academic Press.
- Goodman, G.O., McClelland, J.L. y Gibbs, R.W. (1981). The role of syntactic context in word recognition. *Memory and Cognition*, 9, 580-586.
- Gray, C. M., König, P., Engel, A. K. y Singer, W. (1989). Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronisation which reflects global stimulus properties. *Nature*, 338, 334-337.
- Grosjean, F., Dommergues, J.Y., Cornu, E., Guillelmon, D. y Besson, C. (1994). The gender marking effect in spoken word recognition. *Perception and Psychophysics*, 56, 590-598.
- Gunter, T. C. y Friederici, A. D. (1999). Concerning the automaticity of syntactic processing. *Psychophysiology*, 36, 126-137.
- Gunter, T.C., Friederici, A.D. y Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 556-568.
- Gunter, T.C., Stowe, L.A. y Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, 34, 660-676.
- Hagoort, P. y Brown, C. (1994). Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. En C. Clifton, L. Frazier y K. Rayner (Eds): *Perspectives on sentence processing*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Hagoort, P. y Brown, C. (1997). When syntax meets semantics: Who is doing what to whom?. Fourth annual meeting of the Cognitive Neuroscience Society, Boston.
- Hagoort, P. y Brown, C. (1999). Gender electrified: ERP evidence on the syntactic nature of gender processing. *Journal of Psycholinguistic Research*, 28, 6, 715-728.
- Hagoort, P. y Brown, C. (2000). ERP effects of listening to speech compared to reading: the P600/SPS to syntactic violations in spoken sentences and rapid serial visual presentation. *Neuropsychologia*, 38, 1531-1549.

- Hagoort, P., Brown, C. y 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. y Osterhout, L. (1999). The neurocognition of syntactic processing. En C. Brown y P. Hagoort (Eds): *Neurocognition of Language*. Oxford University Press.
- Hahne, A. y Friederici A.D. (1997). Two stages in parsing: early automatic and late controlled processes, *Experimental Brain Research*, 117, 47.
- Hahne, A. y Friederici, A.D. (1999). Rule-application during language comprehension in the adult and the child. En A. D. Friederici y R. Menzel (Eds): *Learning, rule extraction and representation*. Walter de Gruyter.
- Halgren, E. (1990). Insights from evoked potentials into the neuropsychological mechanism of reading. En A. B. Scheibel y A. F. Wechsler (Eds): *Neurobiology of higher cognitive function*. The Guilford Press.
- Halliday, A. M. (1993) (Ed): *Evoked potentials in clinical testing* (2ª ed). Churchill Livingstone.
- Harris, J. W.(1991). The exponence of gender in Spanish. *Linguistic Inquiry*, 22:27-62.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. John Willey & Sons Inc. (Eds) (Traducción al español: *La organización de la conducta*. Ed. Debate).
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: an event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, 35, 66-85.
- Holcomb, P. J. (1993). Semantic priming and stimulus degradation: implications for the role of the N400 in language processing. *Psychophysiology*, 30, 47-61.
- Holcomb, P. J. y Anderson, J. E. (1993). Cross-modal semantic priming: a time-course analysis using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 8, 379-411.
- Holcomb, P. J. y Neville, H. J. (1991). Natural speech processing: an analysis using event-related potentials. *Psychobiology*, 19, 286-300.
- Holcomb, P.J. y McPherson, W.B. (1994). Event-related brain potentials reflect semantic priming in an object decision task. *Brain and Cognition*, 24, 259-276.
- Igoa, J. M., García-Albea, J. M. y Sánchez-Casas, R. (1999). Gender-number dissociation in sentence production in Spanish. En E. Di Domenico y M. De Vincenzi (Eds.): *Gender and number in normal and impaired language processing*. Special Issue of *Rivista di linguistica*, 11 (1), 163-193.
- Jakubowicz, C. y Goldbum, M.C. (1995) Processing of number and gender inflections by French-speaking aphasics. *Brain and Language*, 51 242-268.
- Jasper, H. (1958). The ten twenty system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Johnson, R., Jr. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30, 90-97.

- Johnson-Laird, P.N. (1983) *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge University Press.
- King, J. W. y 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.
- King, J. W., Ganis, G. y Kutas M. (1998). Potentials asymmetries in language comprehension: In search of electrical right. En M. Beeman y C. Chiarello (Eds): *Right Hemisphere language comprehension*. Lawrence Erlbaum associates.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95, 163-168.
- Klimesch, W. (1999). EEG Alpha and Theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Review*, 29 (2-3), 169-195.
- Kounios, J. (1996). On the continuity of Thought and the representation of knowledge: electrophysiological and behavioral time-course measures reveal levels of structure in semantic memory. *Psychonomic Bulletin Review*, 3, 265-286.
- Kounios, J. y Holcomb, P.J. (1994). Structure and process in semantic memory: evidence from event-related brain potentials and reaction times. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 459-479.
- Kuender R. y Kutas, M. (1993). Bridging the gap: evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(2), 196-214.
- Kutas, M. y Federmeier, K.D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12), 463-470.
- Kutas, M. y Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M. y Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition*, 11, 539-550.
- Kutas, M. y Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307 (12), 161-163.
- Kutas, M. y Hillyard, S. A. (1989). An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 38-49.
- Kutas, M. y Kluender, R. (1994). What is who violating? A reconsideration of linguistic violations in light of event-related brain potentials. En H.-J. Heinze, T. F. Münte, y G. R. Mangun (Eds): *Cognitive Electrophysiology*. Birkäuser.
- Kutas, M. y Van Petten, C. (1988). Event-related potential studies of language. En P. K. Ackles, J. R. Jennings y M. G. H. Coles (Eds): *Advances in Psychophysiology*. Ai Press Inc.
- Kutas, M. y Van Petten, C. (1994). *Psycholinguistics Electrified*. En M.A. Gernsbacher (Ed): *Handbook of Psycholinguistic* (83-143). San Diego: Academic Press.

- Kutas, M., Hillyard, S. A. y Gazzaniga, M. S. (1988). Processing of semantic anomaly by right and left hemispheres of commissurotomy patients. *Brain*, 111, 553-576.
- Kutas, M., McCarthy, G. y Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197, 792-795.
- Kutas, M., Van Petten, C. y Besson, M. (1988). Event-related potential asymmetries during the reading of sentences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69, 218-233.
- Levelt W.J.M. (1989). *Speaking: from intention to articulation*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Lukatela, G., Kostic, A., Todorovic, D., Carello, C. y Turvey, M.T. (1987). Type and number of violations and the grammatical congruency effect in lexical decision. *Psychological Research*, 49, 37-43.
- Marslen-Wilson, W.D. (1993). Issues of process and representation in lexical access. En G.T.M. Altmann y R. Shillcock (Eds): *Cognitive models of speech processing: The second Sperlonga meeting (187-210)*. Hove: UK: Erlbaum.
- Marslen-Wilson, W.D. y Tyler, L.K. (1980). The temporal structure of spoken language comprehension. *Cognition*, 8, 1-71.
- Martínez, J.A., (1999). La concordancia. En: *Gramática descriptiva de la lengua española*. Espasa: Real Academia Española. Vol. 2, 2694-2786.
- McCandliss, B.D., Posner, M.I. y Givón, T. (1997). Brain Plasticity in learning visual words. *Cognitive Psychology*, 33, 88-110.
- McCarthy, G. y Donchin, E. (1981). A metric of thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211, 77-80.
- McCarthy, G. y Wood, C. (1985). Scalp distributions of event-related potentials: an ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 62, 203-208.
- McCarthy, G., Nobre, A. C., Bentin, S. y Spencer, D. D. (1995). Language-related fields potentials in the anterior-medial temporal lobe: I. Intracranial distribution and neural generators. *The Journal of Neuroscience*, 15, 1080-1089.
- McPherson, W. B. y Holcomb, P. J. (1999). An electrophysiological investigation of semantic priming with pictures of real objects. *Psychophysiology*, 36, 53-65.
- Miozzo, M. y Caramazza, A. (1999). The selection of lexical-syntactic features in noun phrase production: Evidence from the picture-word interference paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 25, 907-922.
- Münste, T. F., Matzke, M. y Johannes, S. (1997) Brain activity associated with syntactic incongruencies in words and pseudo-words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 318-329.

- Münter, T.F. y Heinze H.J. (1994). ERP negativities during syntactic processing of written words. In *Cognitive Electrophysiology*. En H.-J. Heinze, T. F. Münte, y G. R. Mangun (Eds): *Cognitive Electrophysiology*. Birkhäuser.
- Münter, T.F. y Heinze H.J. y Mangun, G.R. (1993). Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(3), 335-344.
- Münter, T.F., Wieringa, B.M., Weyerts, H., Szentkuti, A., Matzke, M. y Johannes, S. (2001). Differences in brain potentials to open and closed class words: class and frequency effects. *Neuropsychologia*, 39, 91-102.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. En D. Besner y G. Humphreys (Eds): *Basic Processes in reading: Visual word recognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Neville, H. (1985). Biological constraints on semantic processing: A comparison of spoken and signed language. *Psychophysiology*, 22, 576 (abstract).
- Neville, H., Mills, D. L. y Lawson, D. (1992). Fractionating language: different neural subsystems with different sensitive periods. *Cerebral Cortex*, 2, 244-258.
- Neville, H., Nicol, J.L., Barss, A., Forster, K.I. y Garrett, M.F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 151-165.
- Nicol, J. (1988). Coreference processing during sentence comprehension. Tesis Doctoral. MIT, Cambridge.
- Niedermeyer, E. y Lopes Da Silva, F. (1995) (Eds). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields*. 3ª edición. Williams & Wilkins.
- Nigam, A., Hoffman, J.E. y Simons, R.F. (1992). N400 to semantically anomalous pictures and words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4 (1), 15-22.
- Nobre, A. C. y McCarthy, G. (1994). Language-related ERPs: scalp distributions and modulations by word type and semantic priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 233-255.
- Nobre, A. C. y McCarthy, G. (1995). Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: II. Effects of word type and semantic priming. *The Journal of Neuroscience*, 15, 1090-1098.
- Nunez, P. L. (1981). *Electric fields of the brain: The neurophysics of EEG*. Oxford University Press.
- Odfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Oken, B.S. y Chiappa, K.H. (1986). Statistical issues concerning computerized analysis of brainwave topography. *Annals of Neurology*, 19, 493-494.
- Osterhout, L. (1990). Event-related brain potentials elicited during sentence comprehension. Tesis doctoral. Tufts University, Medford, Massachusetts.

- Osterhout, L. (1994). Event-related brain potentials as tools for comprehending language comprehension. En C. Clifton, L. Frazier y K. Rayner (Eds): *Perspectives on sentence processing*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Osterhout, L. (1997). On brain response to syntactic anomalies: manipulations of word position and word class reveal individual differences. *Brain and Language*, 59, 494-522.
- Osterhout, L. y 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), 1-14.
- Osterhout, L. y Holcomb, P. J. (1993). Event-related potentials and syntactic anomaly: Evidence of anomaly detection during the perception of continuous speech. *Language and Cognitive Processes*, 8, 413-437.
- Osterhout, L. y Holcomb, P. J. (1995). Event related potentials and language comprehension. En M. D. Rugg y M. Coles (Eds): *Electrophysiology of mind, Event related brain potentials and cognition*. Oxford University Press.
- Osterhout, L. y Holcomb, P.J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31, 785-806.
- Osterhout, L. y Mobley, L. A. (1995). Event-related potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, 34, 739-773.
- Osterhout, L., Bersick, M. y McLaughlin, J. (1997). Brain potentials reflect violations of gender stereotypes. *Memory and Cognition*, 25(3), 273-285.
- Osterhout, L., McKinnon, R., Bersick, M. y 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 Neuroscience*, 8, 507-526.
- Pascual-Marqui, R. D. (1999). Review of Methods for solving the EEG inverse problem. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 1, 75-86.
- Patel, A.D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M. y Holcomb, P.J. (1998). Processing syntactic relations in language and music: an event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10:6, 717-733.
- Pfurtscheller, G. y Lopes da Silva, F.H. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110 (11), 1842-1857.
- Picallo, M. C. (1991). Nominals and nominalization in Catalán. *Probus*, 3.3:279-316.
- Picton, T. W. (1988) (Ed). *Human Event-related potentials. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology*, Vol 3. Elsevier.
- Posner, M. I. y Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. En R. L. Solso (Ed): *Information processing and cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Praamstra, P., Meyer, A. S. y Levelt, W. J. M. (1994). Neurophysiological manifestations of phonological processing Latency variation of a negative ERP component

- timelocked to phonological mismatch. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 204-219.
- Pulvermüller, F. (1996). Hebb's concept of cell assemblies and the psychophysiology of word processing. *Psychophysiology*, 33, 317-333.
- Pulvermüller, F., Lutzenberger, W. y Birbaumer, N. (1995). Electro cortical distinction of vocabulary types. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 94, 357-370.
- Radeau, M., Besson, M., Fonteneau, E. y Luis Castro, S. (1998). Semantic, repetition and rime priming between spoken words: behavioral and electrophysiological evidence. *Biological Psychology*, 48, 183-204.
- Regan, D. (1989). *Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine*. Elsevier.
- Reid, W. (1991). *Verb and noun in English: a functional explanation*. London: Longman.
- Rhom, D., Klimesch, W., Haider, H. y Doppelmayr, M. (2001). The role of Theta and Alpha oscillations for language comprehension in the human electroencephalogram. *Neuroscience Letters*, 14, 310 (2-3), 137-140.
- Ritter, E. (1988). A head- movement approach to construct state noun phrases. *Linguistics*, 26, 909-929.
- Ritter, E. (1993). Where is gender? *Linguistic Inquiry*, 24, 795-803.
- Rösler, F., Friederici, A.D., Pütz, P. y Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(3), 345-362.
- Rugg, M. D. y Nagy, M. E. (1987). Lexical contribution to non-word repetition effects: Evidence from event related potentials. *Memory and Cognition*, 15, 473-481.
- Rugg, M.D. (1983). Further study of the electrophysiological correlates of lexical decision. *Brain and Language*, 19, 142-152.
- Rugg, M.D. (1984). Event-related potentials and the phonological processing of words and nonwords. *Brain and Language*, 23, 225-240.
- Rugg, M.D. (1985). The effects of semantic priming and word repetition on event related potentials. *Psychophysiology*, 22, 642-47.
- Rugg, M.D. (1987). Dissociation of semantic priming, word and non-word repetition effects by event related potentials. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 123-148.
- Rugg, M.D. (1990). Event related potentials dissociate repetition effects of high and low frequency words. *Memory and Cognition*, 18, 367-379.
- Rugg, M.D. (1999). *Functional neuroimaging in cognitive neuroscience*. En C. Brown y P. Hagoort (Eds): *Neurocognition of Language*. Oxford University Press.

- Rugg, M.D. y Barrett, S.E. (1987). Event-related potentials and the interaction between orthographic and phonological information in a rhyme-judgement task. *Brain and Language*, 32, 336-361.
- Rugg, M.D. y Coles, M. (1995) (Eds): *Electrophysiology of mind, Event related brain potentials and cognition*. Oxford University Press.
- Rugg, M.D. y Doyle, M. C. (1994). Event related potentials and stimulus repetition in direct and indirect tests of memory. En H.-J. Heinze, T. F. Münte, y G. R. Mangun (Eds): *Cognitive Electrophysiology*. Birkäuser.
- Russell, D.W. (1990). The analysis of psychophysiological data: multivariate approaches. En J.T. Cacioppo y L.G. Tassinari (Eds): *Principles of Psychophysiology: Physical, social and inferential elements*. Cambridge University Press.
- Sandra, D. y Taft, M. (1994) (Eds): *Morphological structure, lexical representation and lexical access*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hove (UK).
- Scheffers, M.K., Johnson, R. y Ruchkin, D.S. (1991). P300 in patients with unilateral temporal lobectomies: the effects of reduced stimulus quality. *Psychophysiology*, 28, 274-284.
- Scherg, M. (1990). Fundamentals of dipole source potential analysis. *Advances in Audiology*, 6, 40-69.
- Schriefers, H. (1993). Syntactic processes in the production of noun phrases. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 841-850.
- Sebastián-Gallés, N., Martí, M.A., Carreiras, M. y Cuetos, F. (2000). LEXESP: una base de datos informatizada del español. Universitat de Barcelona, España.
- Segui, J. y Zubizarreta, M. L. (1985). Mental representation of morphologically complex words and lexical access. *Linguistics*, 23, 759-774.
- Seidenberg, M.S., Walters, G.S., Sanders, M. y Langer, P. (1984). Pre- and postlexical loci of contextual effects on word recognition. *Memory and Cognition*, 12 (4), 315-328.
- Seidenberg, M. (1987). Sublexical structures in visual word recognition: Access units or orthographic redundancy? En M. Coltheart (Ed): *Attention and performance*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Speckmann, E. J. y Elger, C. E. (1995). Introduction to the neurophysiological basis of the EEG and DC potentials. En E. Niedermeyer y F. Lopes Da Silva (Eds): *Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields*. 3ª edición. Williams & Wilkins.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195-231.
- Srinivasan, R., Tucker, D.M. y Murias, M. (1998). Estimating the spatial Nyquist of the human EEG. *Behavior Research, Methods, Instruments and Computers*, 30, 8-19.
- Taft, M. (1979). Recognition of affixed words and the word frequency effect. *Memory and Cognition*, 7, 263-272.

- Taft, M. (1994). Interactive-activation as a framework for understanding morphological processing. En D. Sandra y M. Taft (1994) (Eds): Morphological structure, lexical representation and lexical access. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hove (UK).
- Taft, M. y Foster, K. (1975). Lexical storage and the retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 638-647.
- Tanenhaus, M.K. y Trueswell, C. (1995). Sentence Comprehension. En J.L. Miller y P.D. Eimas (Eds): *Speech, Language and Communication* (217-262). San Diego: Academic Press.
- Tucker, D. M. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: The geodesic sensor net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87, 154-163.
- Van Berkum (1996). The psycholinguistic of grammatical gender. Tesis doctoral. Nijmegen: Nijmegen University Press.
- Van Berkum, J.J., Hagoort, P. y Brown, C. (1999). Semantic integration in sentences and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 657-671.
- Van Berkum, J.J., Zwitserlood, P., Brown, C. M. y Hagoort, P. (2000). Processing gender and number agreement in parsing: an ERP-based comparison. AMLAP-2000, Leiden: Holanda.
- Van Petten, C. y Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related potentials. *Memory and Cognition*, 18 (4), 380-393.
- Van Petten, C. y Rieffers, H. (1995). Conceptual relationships between spoken words and environmental sounds: event-related brain potential measures. *Neuropsychologia*, 33, 485-508.
- Van Petten, C., Coulson, S., Rubin, S., Plante, E. y Parks, M. (1999). Time course of word identification and semantic integration in spoken language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25(2), 394-417.
- Vasey, M.W. y Thayer, J.F. (1987). The continuing problem of false positives in repeated measures ANOVA in psychophysiology: a multivariate solution. *Psychophysiology*, 24, 479-486.
- Verleger, R. (1988). Event-related potentials and cognition: A critique of the updating hypothesis and an alternative interpretation of P3. *Behavioral And Brain Sciences*, 11, 343-327.
- Vigliocco, G. y Franck, J. (1999). When sex and syntax go hand in hand: Gender agreement in language production. *Journal of Memory and Language* 40, 455-478.
- Vigliocco, G., Butterworth, B. y Garrett, M.F. (1996). Subject-verb in Spanish and English: Differences in the role of conceptual factors. *Cognition*, 51, 261-298.
- West, R.F. y Stanovich, K.E. (1982). Source of inhibition in experiments on the effect of sentence context on word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 385-399.

- Wicha N., Bates, E., Moreno, E. y Kutas, M. (2001). Grammatical gender modulates semantic integration of a target in a Spanish sentence context. Eighth Meeting of the Cognitive Neuroscience Society. Nueva York.
- Zeki, S. (1995). A vision of the brain. Blackwell Scientific Publications Limited, Oxford. (Traducción al español: Editorial Ariel).

## ANEXO 1

*Frases utilizados en el primer experimento. Se presentan todas las frases en la versión de concordancia gramatical.*

### **Lista de frases utilizadas en la manipulación de la concordancia al inicio de frase:**

*(el subrayado indica la palabra target).*

- El litro de gasolina ha subido.
- El horno es eléctrico pero consume poco.
- El exilio fue doloroso.
- El puerto estuvo cerrado todo el día.
- El hierro estaba oxidado y sucio.
- El sábado iremos al cine.
- El premio fue concedido bajo presiones.
- El pozo es estrecho y profundo.
- El sodio es alcalino.
- El ciclo se completó sin problemas.
- Los dedos se habían torcido por la enfermedad.
- Los lagos estaban junto a la montaña.
- Los cantos alegraron la ceremonia.
- Los carros estaban engalanados para el desfile.
- Los labios estaban pintados.
- Los marcos mejoraron los lienzos.
- Los lavabos estaban inundados.
- Los escudos les protegieron de los proyectiles.
- Los techos están recién pintados.
- Los sacos de harina se rompieron.
- La costa estaba lejos pero la veíamos.
- La hierba creció demasiado en el jardín.
- La saliva colabora en la digestión.
- La capa era un signo de distinción.
- La sopa se servirá caliente.
- La rama se partió por la mitad.
- La multa fue perdonada.
- La cola no estaba preparada.
- La pierna le dolía mucho.
- La danza era un ritual iniciático.
- Las risas se oyeron en la otra habitación.
- Las orejas se le pusieron coloradas.
- Las pistas permitieron descubrir al asesino.
- Las metas fueron alcanzadas.
- Las navajas se vendían en el mercado.
- Las páginas importantes habían sido arrancadas.
- Las espadas estaban bien afiladas.
- Las sierras estaban gastadas y no cortaban.

Las reglas estarán escritas en la pizarra.  
Las cúpulas eran de estilo renacentista.  
El vídeo estaba rebobinando la cinta.  
El hígado estaba afectado.  
El metro es una unidad de medida.  
El rebaño era dirigido por el perro.  
El grito fue desesperado.  
El luto fue respetado durante las fiestas.  
El pico del loro era rojo.  
El banco había sido asaltado.  
El piano estaba desafinado.  
El circo llegó a la ciudad el lunes.  
Los hielos se derritieron en el vaso.  
Los rayos cayeron sobre el árbol.  
Los besos fueron cariñosos.  
Los torneos se celebrarán en primavera.  
Los clavos estaban doblados.  
Los átomos son neutros.  
Los frenos fueron revisados por el mecánico.  
Los tejados tenían tejas marrones.  
Los cocos cayeron de la palmera.  
Los votos fueron recontados.  
La ventana daba a un patio.  
La receta del médico había caducado.  
La boda será convencional y aburrida.  
La colcha está bordada.  
La miopía es muy común.  
La plata era muy codiciada.  
La luna estaba menguando.  
La playa era peligrosa.  
La taza era de porcelana china.  
La selva está siendo talada.  
Las gafas se rompieron al caer.  
Las tizas eran de colores.  
Las perlas serán subastadas.  
Las abejas atacaron al granjero.  
Las flautas eran de bambú.  
Las gomas estaban quemadas.  
Las palas se quedaron en el solar.  
Las cuadras olían mal.  
Las iglesias fueron restauradas.  
Las alarmas sonaron a la vez.  
El sótano estaba sin luz.  
El olfato es un sentido primitivo.  
El cráneo estaba fracturado.  
El sitio estaba sucio y descuidado.  
El engaño fue descubierto.

El mérito fue compartido.  
El ahorro dio sus frutos.  
El vidrio se puede reciclar.  
El vino era un rioja.  
El trofeo fue alzado.  
Los martillos serán necesarios.  
Los daños fueron cuantiosos.  
Los hombros eran robustos.  
Los núcleos comenzaron la fusión.  
Los saltos eran cada vez mayores.  
Los arcos eran de medio punto.  
Los rollos serán revelados por el fotógrafo.  
Los truenos sonaron a lo lejos.  
Los códigos fueron descifrados.  
Los objetos eran mágicos según la leyenda.  
La deuda será saldada.  
La pasta está en su punto.  
La película terminó muy tarde.  
La misa fue de réquiem.  
La gama era amplia y variada.  
La duda era inquietante.  
La franja marcaba el límite.  
La rueda estaba pinchada.  
La bandera estaba arriada.  
La caña se dobló cuando picó el pez.  
Las vuelatas lo marearon.  
Las gotas corrieron por el cristal.  
Las pausas les permitieron descansar.  
Las ondas se propagan por el aire.  
Las aldeas estaban dispersas.  
Las burlas fueron de mal gusto.  
Las sotanas estaban en la vicaría.  
Las urnas estaban precintadas.  
Las minas estaban agotadas.  
Las retinas contienen neuronas.

**Lista de frases utilizadas en la manipulación de la concordancia a mitad de frase:**

*(el subrayado indica la palabra target).*

El suelo está plano y bien acabado.  
El título estaba oculto debido a la censura.  
El mundo será justo si lo cambiamos.  
El caso era cierto porque lo comprobaron.  
El pelo estaba teñido y peinado.  
El faro es alto y luminoso.  
El fuego está flojo y no calienta.  
El llanto fue amargo y desconsolado.

El bocado es tierno para los ancianos.  
El estilo era maduro pero demasiado clásico.  
Los tipos eran listos y supieron escapar.  
Los frutos eran ácidos y no le gustaron.  
Los diseños son sobrios y discretos.  
Los grupos eran serios y disciplinados.  
Los ídolos son sabios y respetados.  
Los hilos eran finos pero resistentes.  
Los quesos están agrios y saben mal.  
Los huevos estarán fritos para la cena.  
Los caminos eran anchos pero tortuosos.  
Los veranos son cálidos en Canarias.  
La cabeza era menuda y graciosa.  
La pieza es hueca y achatada.  
La lucha fue fiera y sangrienta.  
La vida es sana en el campo.  
La senda era recta e interminable.  
La basura era nociva y había que eliminarla.  
La teoría era exacta pero inútil.  
La prosa fue aguda en el editorial.  
La piedra era áspera y cortante.  
La visita fue rápida y de compromiso.  
Las puertas serán seguras porque están blindadas.  
Las camas están rotas por el uso.  
Las figuras eran famosas según la enciclopedia.  
Las tapias serán rosadas o amarillas.  
Las barras están pulidas pero sin pintar.  
Las ropas son caras porque son importadas.  
Las suelas eran gordas para aquellas botas.  
Las blusas están viejas porque las lavaron mucho.  
Las novelas eran baratas pero interesantes.  
Las esferas eran pesadas porque eran de plomo.  
El pueblo era bélico pero noble.  
El sonido parecía lejano cuando lo escuchamos.  
El arroyo estuvo helado durante el invierno.  
El libro era único en el mundo.  
El ruido fue brusco y lo oímos cerca.  
El jugo está frío pero delicioso.  
El museo es bello aunque modesto.  
El vuelo fue largo pero agradable.  
El dibujo es bonito pero no está terminado.  
El velero es ligero pero resistente.  
Los rostros estaban pálidos del susto.  
Los cambios eran súbitos porque los improvisaban.  
Los brazos están tensos por el esfuerzo.  
Los juegos eran lícitos e inofensivos.  
Los platos serán llanos para el pescado.

Los autos eran rojos y deportivos.  
Los discos eran buenos pero estaban rayados.  
Los barcos eran lentos aunque potentes.  
Los zapatos están mojados y estropeados.  
Los efectos fueron dañinos pero reversibles.  
La guerra fue mítica y devastadora.  
La lluvia era escasa en aquella región.  
La bolsa fue usada una sola vez.  
La madera estaba blanda por las termitas.  
La droga era tóxica y los envenenó.  
La cena está mala porque se ha enfriado.  
La tarea es ardua pero agradecida.  
La época fue grata e inolvidable.  
La comida estuvo jugosa porque las preparamos allí.  
La sombra era oscura y fantasmagórica.  
Las sillas son nuevas pero crujen.  
Las mesas eran bajas para los alumnos.  
Las mantas están raídas aunque abrigan.  
Las cosas son opacas cuando reflejan la luz.  
Las hojas están pegadas con pegamento.  
Las telas son sosas pero servirán.  
Las toallas están húmedas y hay que cambiarlas.  
Las tumbas eran hondas y siniestras.  
Las camisas estaban colgadas en el perchero.  
Las plantas están quietas porque no hay viento.  
El cuero es falso pero no lo parece.  
El juicio fue severo y ejemplar.  
El deseo era mutuo y sincero.  
El teatro es lujoso aunque algo recargado.  
El piso será pagado al contado.  
El coro está solo en el escenario.  
El cielo está claro y despejado.  
El empleo era penoso y humillante.  
El equipo está completo y preparado.  
El charco estaba espeso por el barro.  
Los precios eran ínfimos porque los rebajaron.  
Los cuellos estaban rígidos por el almidón.  
Los cuerpos estarán morenos en verano.  
Los miedos son innatos en algunos casos.  
Los relatos eran amenos y tenían gracia.  
Los muros son duros pero los derribaremos.  
Los tonos son puros en el ordenador.  
Los gestos eran lindos y expresivos.  
Los anillos eran dorados pero no de oro.  
Los abrigos son gruesos porque nevará.  
La prensa era pésima y sensacionalista.  
La cocina estaba limpia pero había cucarachas.

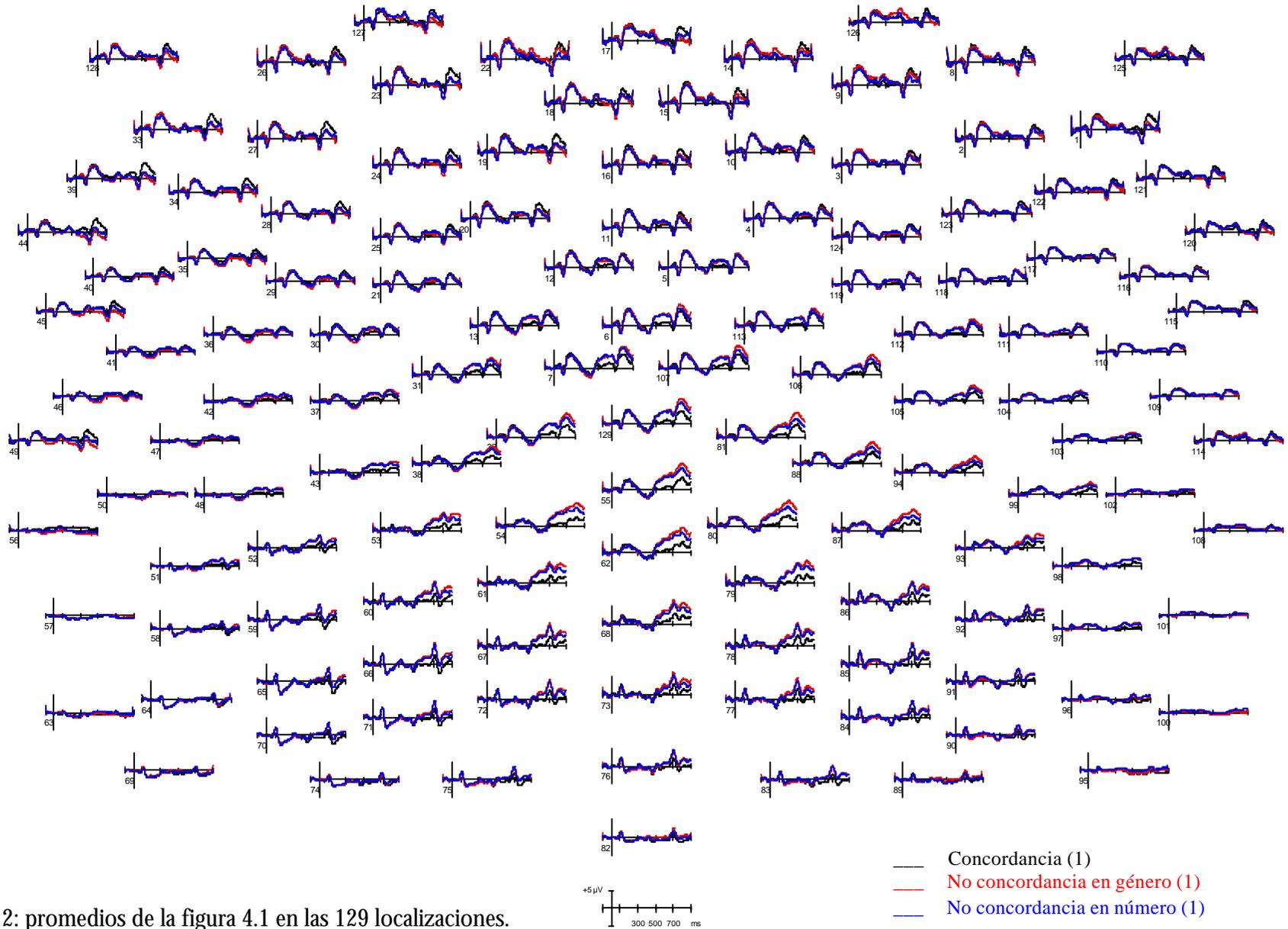
La norma era tonta y nadie la cumplía.  
La dama era culta aunque ingenua.  
La copa estaba tapada sobre el altar.  
La altura será idónea para colgar carteles.  
La renta era digna pero ajustada.  
La falda era negra y de terciopelo.  
La papaya está fresca porque la compré hoy.  
La leña está seca porque estaba guardada.  
Las salsas están densas porque las recalentaron.  
Las medidas eran válidas según el aparejador.  
Las horas fueron eternas en aquel avión.  
Las placas fueron grabadas por el orfebre.  
Las sábanas eran blancas y el edredón marrón.  
Las rocas están lisas por la erosión.  
Las etapas son cortas pero difíciles.  
Las cintas estaban atadas a la bicicleta.  
Las jarras están llenas de cerveza.  
Las prendas serán cómodas para poder correr.

#### **Lista de frases utilizadas como relleno:**

El reloj estaba atrasado.  
El tigre se abalanzó sobre su presa.  
El volcán entró en erupción.  
El café era muy aromático.  
El metal se vendió como chatarra.  
El licor era de manzana.  
El aire estaba enrarecido.  
El alcalde dimitió por el escándalo.  
El presidente abrió la sesión.  
El padre abrazó a su hijo.  
Los bebés estaban llorando.  
Los huéspedes se quejaron.  
Los cortes fueron superficiales.  
Los manteles estaban planchados.  
Los cheques no tenían fondos.  
Los papeles salieron volando.  
Los ratones huyeron del gato.  
Los reyes fueron decapitados.  
Los claveles alegraban el balcón.  
Los lápices estaban afilados.  
La miel es dulce.  
La felicidad es efímera.  
La moto no arrancaba.  
La carne era de cerdo.  
La radio dio la noticia.  
La actriz llamó a su criado.

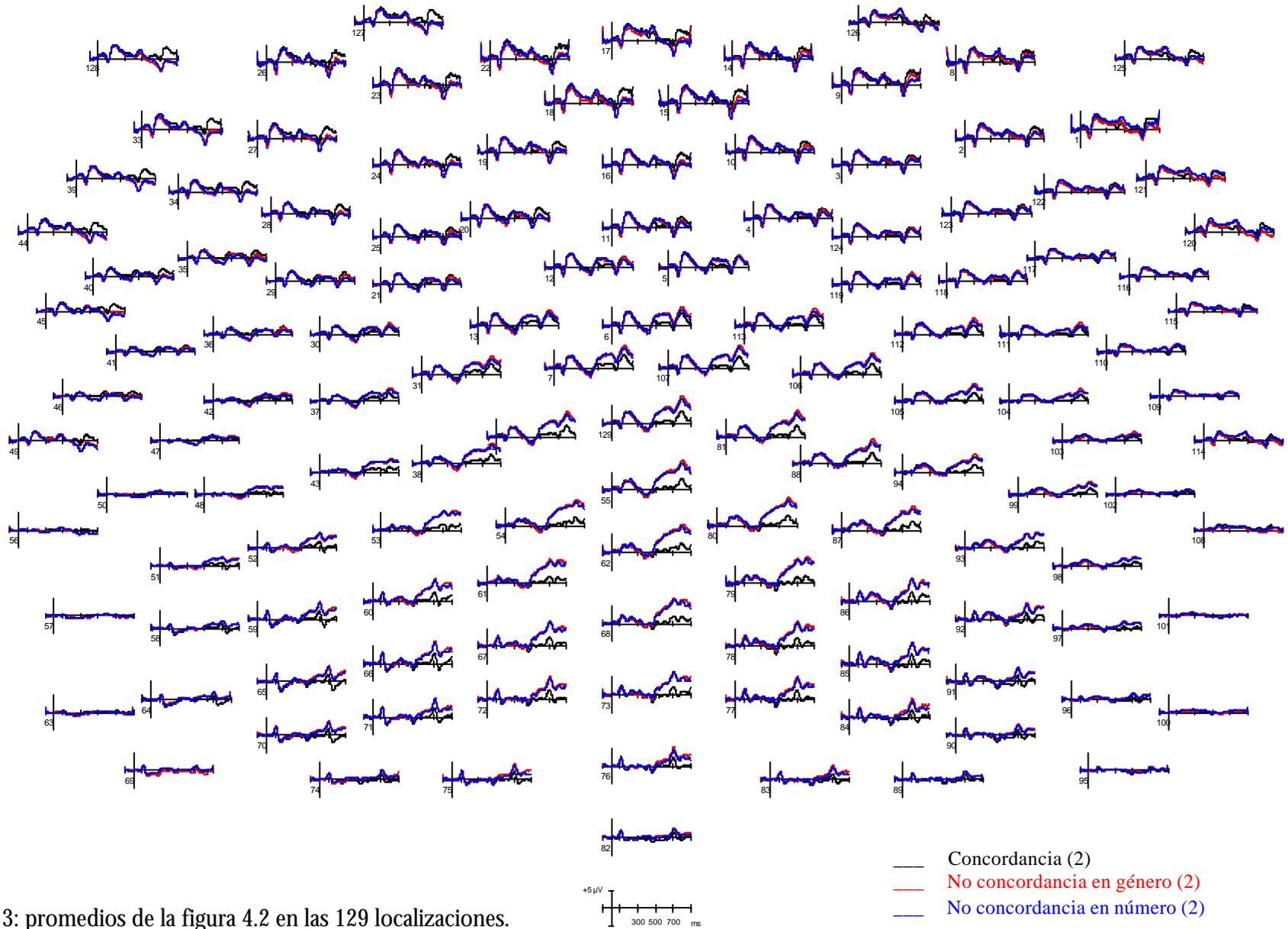
La emperatriz ordenó la ejecución.  
La catedral tenía trípticos flamencos.  
La canción era melancólica.  
La moción no prosperó.  
Las paredes tenían grietas.  
Las fotos estaban desenfocadas.  
Las cárceles estaban abarrotadas.  
Las verdades a veces duelen.  
Las luces parpadeaban en el horizonte.  
Las flores le hicieron estornudar.  
Las coles tenían orugas.  
Las libertades hay que exigir las.  
Las leyes fueron derogadas.  
Las redes atraparon al delfín.  
El humo era gris al principio.  
El trato fue hostil y agresivo.  
El paseo fue breve antes de almorzar.  
El peso era grande y no lo aguantaron.  
El hecho es real y hubo testigos.  
El vaso es frágil y se romperá.  
El dato fue útil para la investigación.  
El pecado fue venial según el cura.  
El verdugo será implacable con el reo.  
El regalo fue ideal para él.  
Los textos eran formales y sin interés.  
Los pactos fueron audaces y resultaron provechosos.  
Los himnos eran alegres y festivos.  
Los cursos serán fáciles y gratuitos.  
Los ritmos eran simples y repetitivos.  
Los brillos eran tenues y difuminados.  
Los castigos serán leves por esta vez.  
Los plazos fueron razonables para los interesados.  
Los métodos fueron fiables y predictivos.  
Los proyectos son posibles pero costosos.  
La oferta fue amable pero la rechazamos.  
La mezcla era original pero no le gustó.  
La raza era fuerte y sobrevivió.  
La broma fue cruel e inmoral.  
La obra quedó impecable y los felicitaron.  
La década fue feliz para algunos.  
La marcha continuó imparable hacia la ciudad.  
La sala era azul y espaciosa.  
La trampa fue feroz pero efectiva.  
La venganza fue brutal y exagerada.  
Las dichas son fugaces y pasajeras.  
Las modas son vulgares pero lucrativas.  
Las letras eran ilegibles y no entendimos nada.

Las poesías eran tristes y románticas.  
Las sedas son suaves al tacto.  
Las ironías fueron geniales en su boca.  
Las células eran inmunes al virus.  
Las carpetas eran verdes y estaban apiladas.  
Las peras eran enormes en su huerta.  
Las monedas eran legales pero extranjeras.



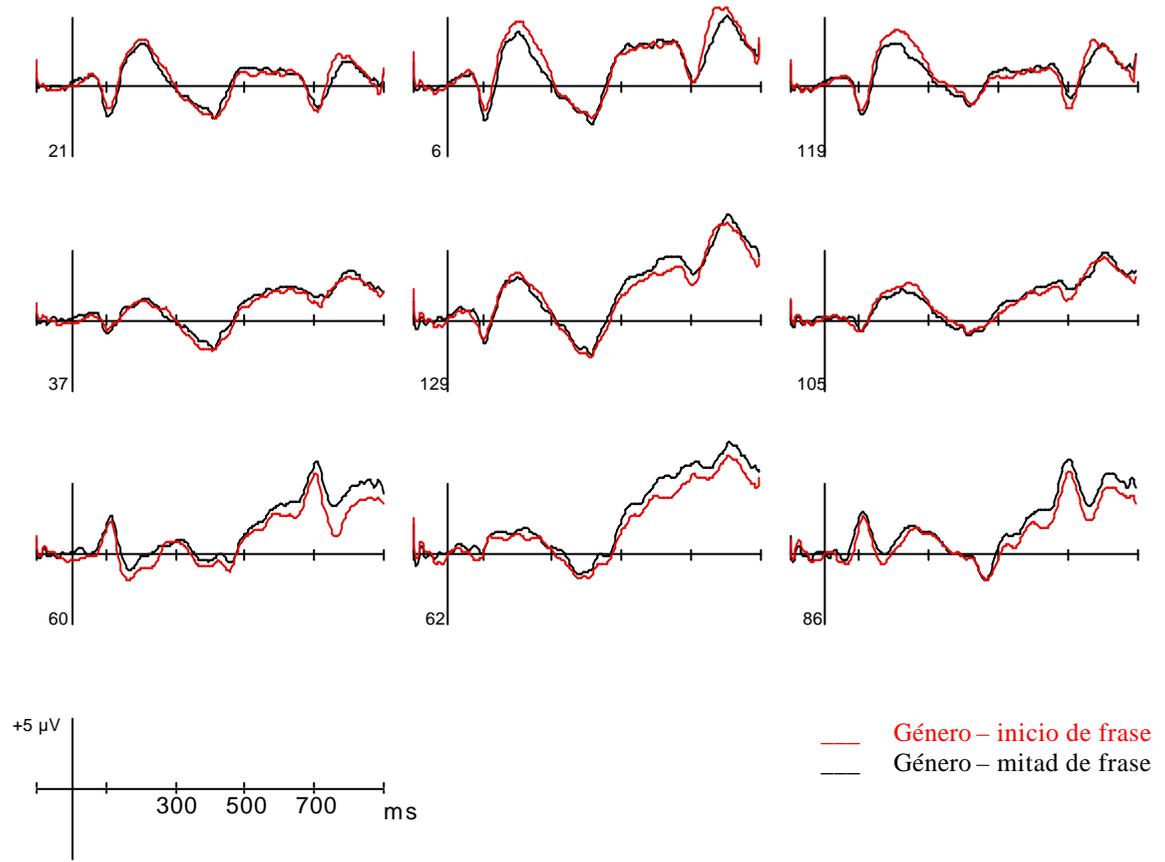
ANEXO 2: promedios de la figura 4.1 en las 129 localizaciones.





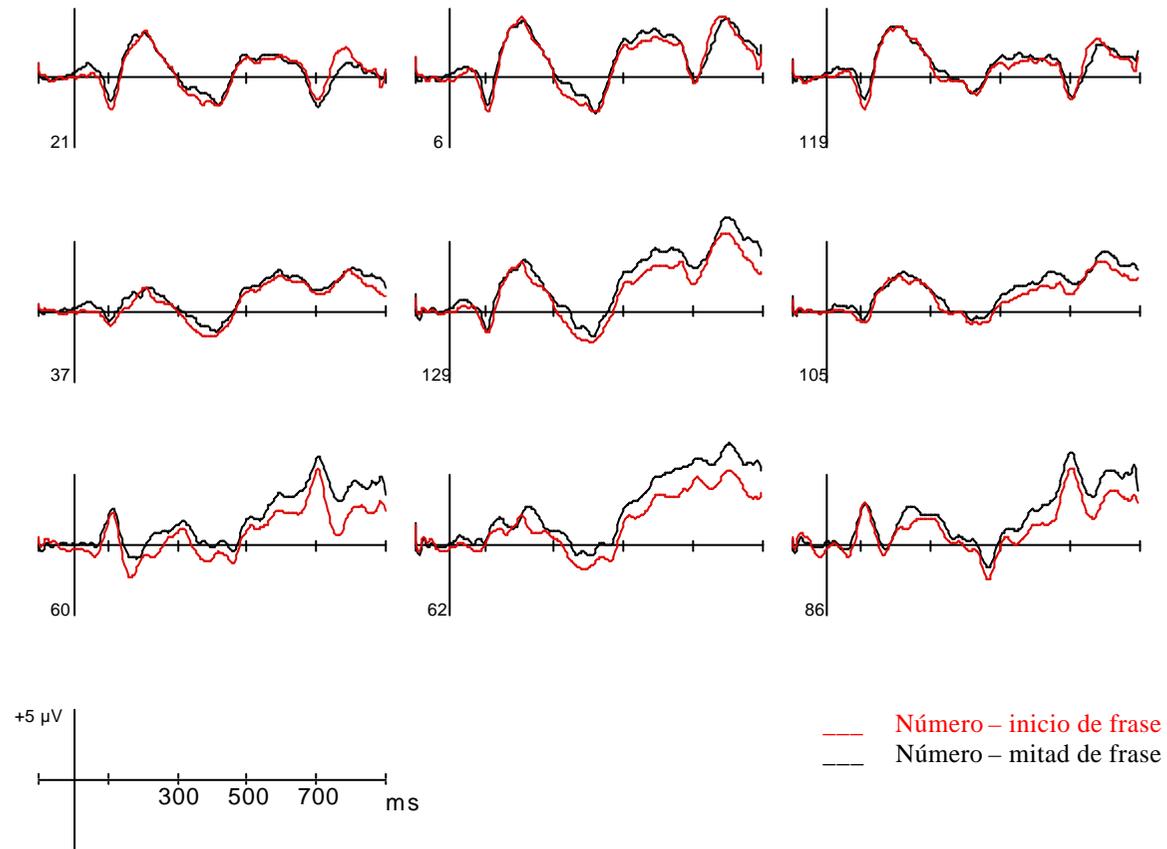
ANEXO 3: promedios de la figura 4.2 en las 129 localizaciones.





ANEXO 4: Condiciones de no concordancia en GÉNERO al **inicio** y a **mitad de frase**.





ANEXO 5: Condiciones de no concordancia en NÚMERO al **inicio** y a **mitad de frase**.



## ANEXO 6

*Pares de palabras utilizados en el segundo experimento. Se presenta las distintas listas en la versión de concordancia gramatical.*

### Pares de sustantivo-adjetivo

cuerpo	moreno	esferas	pesadas
número	mínimo	pueblo	bélico
mundo	justo	estado	sereno
caso	cierto	libro	único
pelo	rizado	lado	turbio
faro	alto	ruido	brusco
fruto	ácido	jugo	frío
fuego	flojo	museo	bello
llanto	amargo	vuelo	largo
bocado	tierno	dibujo	bonito
tiempos	pasados	velero	ligero
dineros	dudosos	rostros	pálidos
grupos	serios	cambios	súbitos
tipos	listos	brazos	tensos
ídolos	sabios	juegos	lícitos
hilos	finos	empleos	penosos
quesos	agrios	autos	rojos
huevos	fritos	discos	buenos
caminos	anchos	barcos	lentos
vientos	sonoros	efectos	dañinos
cabeza	menuda	sonidos	lejanos
cuenta	propia	guerra	mítica
lucha	épica	lengua	humana
vida	sana	bolsa	usada
basura	nociva	forma	básica
zona	rara	droga	tóxica
prosa	aguda	cena	mala
suela	gorda	tarea	ardua
piedra	áspera	época	grata
visita	rápida	sábana	blanca
puertas	seguras	sombra	oscura
mañanas	futuras	fuerzas	máximas
cartas	vacías	alturas	idóneas
casas	ajenas	mantas	raídas
barras	pulidas	cosas	opacas
ropas	caras	hojas	pegadas
citas	médicas	telas	sosas
blusas	viejas	óperas	áridas
novelas	baratas	tumbas	hondas

maderas	blandas	prendas	cómodas
plantas	quietas	barrio	urbano
verano	cálido	título	oculto
juicio	severo	bicho	flaco
deseo	mutuo	plazo	medio
estilo	maduro	baño	pulcro
piso	pagado	vino	rico
coro	solo	cuero	falso
cielo	claro	acero	tosco
plato	llano	zapato	mojado
equipo	entero	arroyo	helado
charco	espeso	objetos	mágicos
asuntos	íntimos	precios	ínfimos
cuellos	rígidos	gritos	bravos
suelos	planos	tabacos	sueltos
miedos	innatos	métodos	mixtos
relatos	amenos	tonos	puros
muros	duros	diseños	sobrios
gustos	rancios	sitios	sucios
gestos	lindos	teatros	lujosos
anillos	dorados	cuentos	cómicos
abrigos	gruesos	lluvia	escasa
prensa	pésima	cadena	sólida
fiesta	loca	pieza	hueca
norma	tonta	camisa	puesta
dama	culta	hora	eterna
copa	tapada	leña	seca
mesa	baja	renta	digna
tabla	curva	senda	recta
falda	negra	cocina	limpia
papaya	fresca	prueba	lógica
tierra	remota	escenas	típicas
semanas	previas	marchas	activas
medidas	válidas	placas	caídas
cintas	atadas	dietas	diarias
aguas	tibias	tapias	rosadas
comidas	jugosas	camas	rotas
rocas	lisas	salsas	densas
etapas	cortas	sillas	nuevas
jarras	llenas	toallas	húmedas
figuras	famosas	teorías	exacta

### **Pares artículo-sustantivo**

el	techo	el	sodio
el	exilio	el	ciclo
el	puerto	los	dedos
el	saco	los	lagos
el	hierro	los	cantos
el	sábado	los	carros
el	premio	los	labios
el	pozo	los	marcos

los	lavabos	el	rebaño
los	litros	el	campo
los	metros	los	hielos
los	hornos	los	rayos
la	costa	los	besos
la	hierba	los	torneos
la	saliva	los	clavos
la	capa	los	átomos
la	sopa	los	frenos
la	rama	los	tejados
la	multa	los	cocos
la	cola	los	votos
la	pierna	los	hígados
la	danza	los	daños
las	risas	los	hombros
las	orejas	los	núcleos
las	pistas	los	saltos
las	letras	los	arcos
las	navajas	los	rollos
las	páginas	los	olfatos
las	espadas	los	caldos
las	sierras	los	cercos
las	reglas	el	sótano
las	cúpulas	el	trueno
la	arena	el	cráneo
la	receta	el	engaño
la	boda	el	regazo
la	colcha	el	mérito
la	miopía	el	ahorro
la	plata	el	vidrio
la	luna	el	código
la	aguja	el	trofeo
la	taza	las	vueltas
la	selva	las	gotas
las	gafas	las	pausas
las	tizas	las	ondas
las	perlas	las	aldeas
las	abejas	las	burlas
las	flautas	las	sotanas
las	gomas	las	gamas
las	palas	las	minas
las	cuadras	las	retinas
las	iglesias	la	deuda
las	alarmas	la	pasta
el	luto	la	prisa
el	pico	la	misa
el	banco	la	duda
el	piano	la	urna
el	circo	la	franja
el	vídeo	la	rueda
el	martillo	la	bandera
el	escudo	la	caña

**Pares sustantivo-adjetivo**  
**(con adjetivos de género común)**

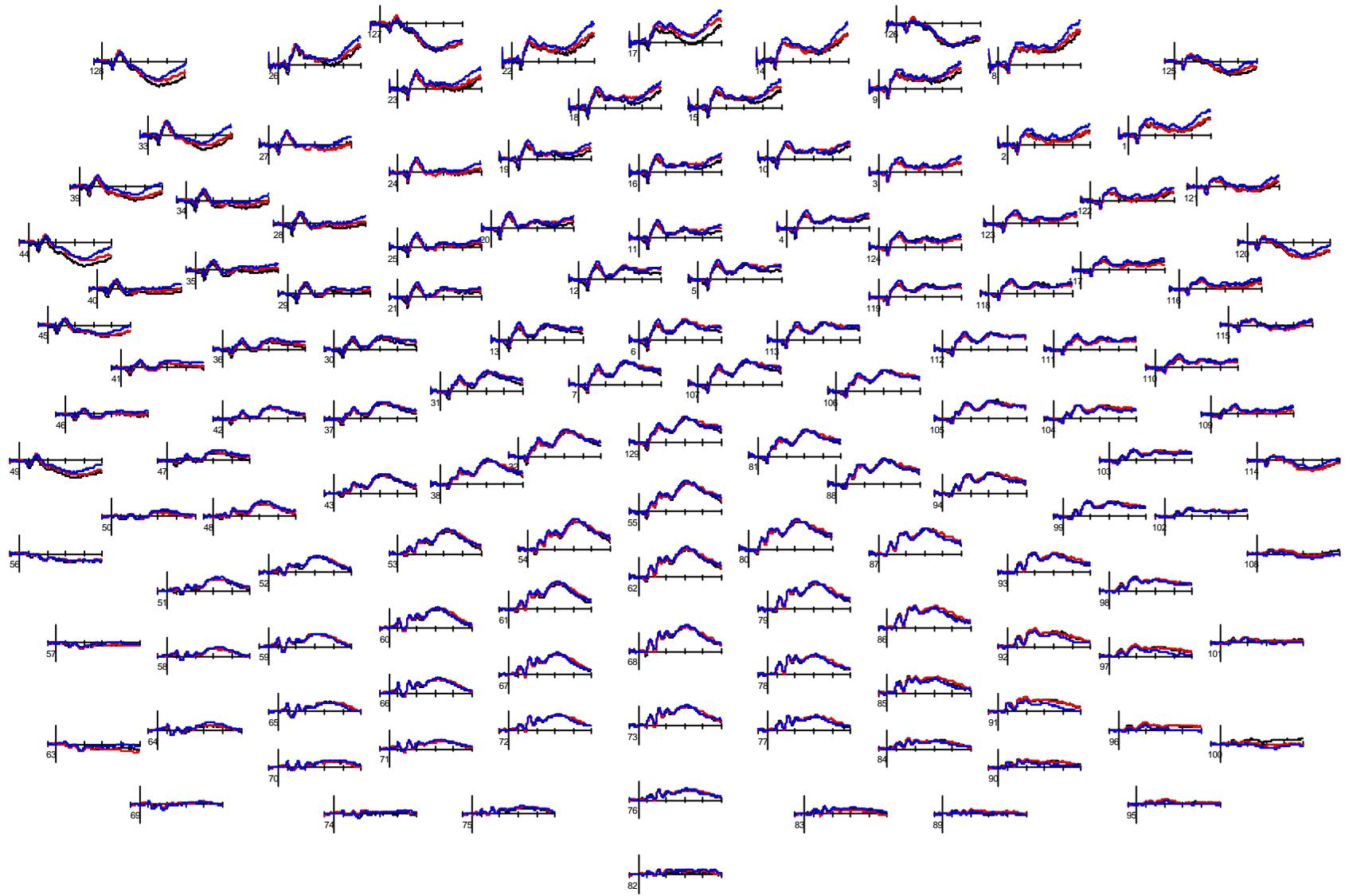
humo	gris	oferta	amable
delito	fiscal	mezcla	dulce
acto	sutil	fila	menor
signo	igual	broma	cruel
paseo	breve	moneda	legal
peso	grande	década	feliz
hecho	real	huelga	inútil
vaso	frágil	sala	azul
dato	útil	trampa	feroz
regalo	ideal	cifra	total
olvidos	fatales	dichas	fugaces
sucesos	brutales	modas	vulgares
textos	formales	razas	fuertes
pactos	audaces	rutas	rurales
pecados	carnales	metas	nobles
ánimos	alegres	poesías	tristes
cursos	fáciles	causas	mayores
ritmos	simples	sedas	suaves
brillos	tenues	ironías	geniales
tratos	hostiles	células	inmunes

**Pares de relleno (artículo-sustantivo)**

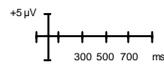
el	reloj	los	papeles
el	laurel	los	bebés
el	iceberg	los	ratones
el	sol	los	abades
el	dedal	los	reyes
el	café	los	señores
el	pez	los	lugares
el	tigre	los	amores
el	padre	los	sastres
el	color	los	duques
el	día	los	jueces
el	mes	los	alcaldes
el	hotel	los	jefes
el	español	los	huéspedes
el	metal	los	presidentes
el	licor	los	panes
el	volcán	los	cortes
el	capital	los	manteles
el	orden	los	coches
el	sur	los	claveles
el	bien	los	cheques
el	mal	los	funerales
el	ciprés	los	lápices
el	aire	los	balcones
el	amanecer	los	aviones

la	actitud
la	miel
la	felicidad
la	televisión
la	catedral
la	moto
la	carne
la	paz
la	foto
la	radio
la	actriz
la	emperatriz
la	moción
la	canción
la	sien
las	madres
las	mujeres
las	cárceles
las	coles
las	verdades
las	nieves
las	gentes
las	luces
las	paredes
las	leyes
las	libertades
las	acciones
las	redes
las	flores
las	amistades





ANEXO 7: promedios de la figura 5.3 en las 129 localizaciones.



- Concordancia (adjetivo)
- Concordancia (adj. común)
- Concordancia (sustantivo)



## **ANEXO 8**

*Análisis del experimento 2, considerando los dos tipos de pares de palabras por separado:*

### PARES SUSTANTIVO-ADJETIVO

#### **Ventana de 300 a 500 ms:**

Línea media:

Concordancia:  $F_{22,2}=6.33$ ;  $p<0.01$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=0.6$ ;  $P=0.56$ ;  $?=0.55$

Laterales:

Concordancia:  $F_{22,2}=2.61$ ;  $p=0.08$ ;  $?=0.57$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=1.02$ ;  $P=0.37$ ;  $?=0.98$

#### **Ventana de 500 a 900 ms:**

Línea media:

Concordancia:  $F_{22,2}=0.07$ ;  $p=0.92$ ;  $?=0.97$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=0.59$ ;  $p=0.57$ ;  $?=0.55$

Laterales:

Concordancia:  $F_{22,2}=0.04$ ;  $p<0.95$ ;  $?=0.97$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=1.2$ ;  $P<0.31$ ;  $0.61$

### PARES ARTÍCULO-SUSTANTIVO

#### **Ventana de 300 a 500 ms:**

Línea media:

Concordancia:  $F_{22,2}=22.12$ ;  $p<0.001$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=2.05$ ;  $P=0.12$

Laterales:

Concordancia:  $F_{22,2}=26.65$ ;  $p<0.001$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=1.14$ ;  $P<0.33$

#### **Ventana de 500 a 900 ms:**

Línea media:

Concordancia:  $F_{22,2}=0.71$ ;  $p=0.48$ ;  $?=0.89$

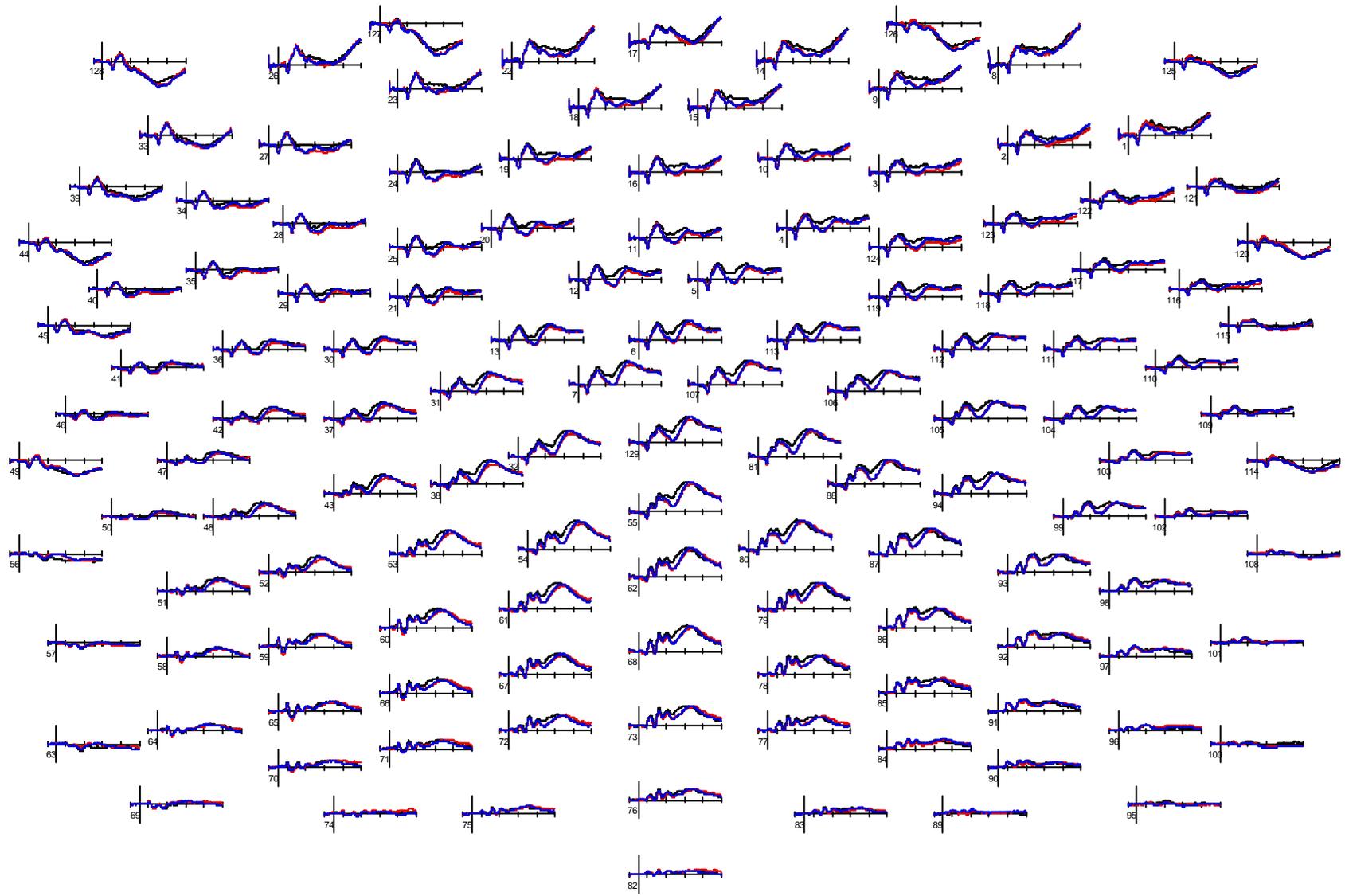
Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=2.27$ ;  $p=0.09$ ;  $?=0.54$

Laterales:

Concordancia:  $F_{22,2}=3.43$ ;  $p=0.05$ ;  $?=0.19$

Concordancia x electrodo:  $F_{20,4}=3$ ;  $P=0.05$ ;  $?=0.57$





ANEXO 9: promedios de la figura 5.4 en las 129 localizaciones.



- Concordancia
- No concordancia de GENERO
- No concordancia de NUMERO



## ANEXO 10

Experimento 2:

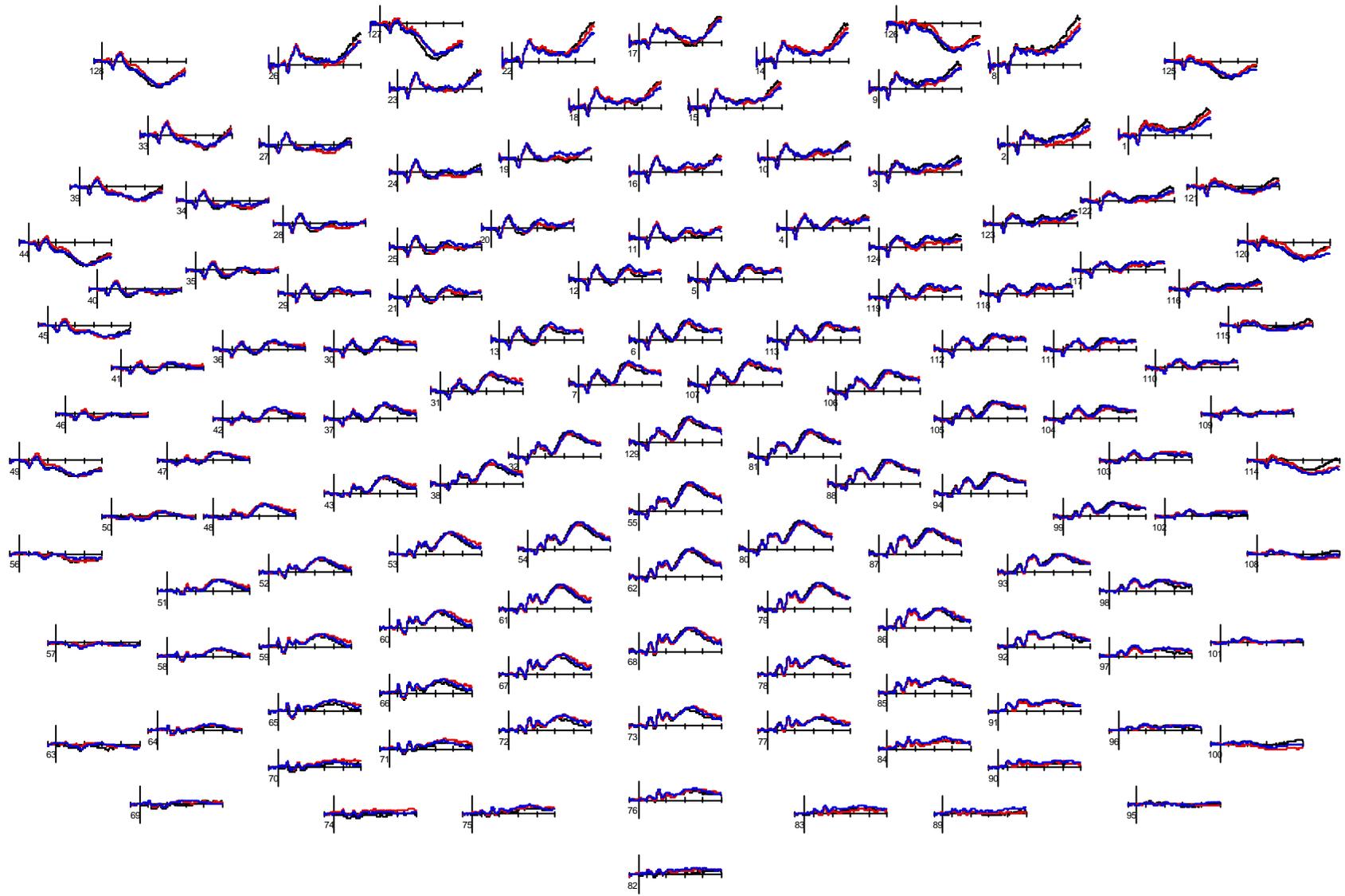
Amplitudes medias de la ventana 300-500 ms en 3 condiciones experimentales y en cada zona de la línea media. Cada media incluye las puntuaciones de los dos tipos de pares de palabras.

	<b>ZONA ANTERIOR</b>	<b>ZONA CENTRAL</b>	<b>ZONA POSTERIOR</b>
<b>Concordancia</b>	2.17 (4.03)	4.17 (3.84)	4.89 (3.11)
<b>No concordancia en género</b>	-0.19 (3.42)	1.81 (3.38)	3.18 (3.35)
<b>No concordancia en número</b>	-0.75 (3.81)	2.05 (3.48)	3.33 (3.42)

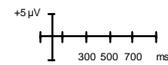
Amplitudes medias de la ventana 300-500 ms en 3 condiciones experimentales y en cada zona de la línea media. Las medias de cada tipo de par de palabras (sustantivo-adjetivo y artículo-sustantivo) se presentan por separado:

<b>Tipo De Par</b>	<b>Condición</b>	<b>Zona Anterior</b>	<b>Zona Central</b>	<b>Zona Posterior</b>
<b>Sustantivo-adjetivo</b>	Concordancia	2.06 (4.07)	3.98 (4.23)	4.67 (3.24)
	Concordancia (género común)	2.34 (4.36)	4.24 (4.18)	4.94 (3.69)
	No concordancia en género	0.56 (3.89)	2.18 (3.82)	3.25 (3.61)
	No concordancia en número	0.62 (4.1)	2.28 (3.66)	3.4 (3.24)
	Doble violación	0.72 (4.32)	2.63 (4.25)	3.43 (3.26)
<b>Artículo-sustantivo</b>	Concordancia	2.28 (4.18)	4.39 (3.69)	5.15 (3.38)
	No concordancia en género	-1.01 (3.38)	1.41 (3.29)	3.08 (3.41)
	No concordancia en número	-0.46 (3.81)	1.83 (3.64)	3.25 (3.79)



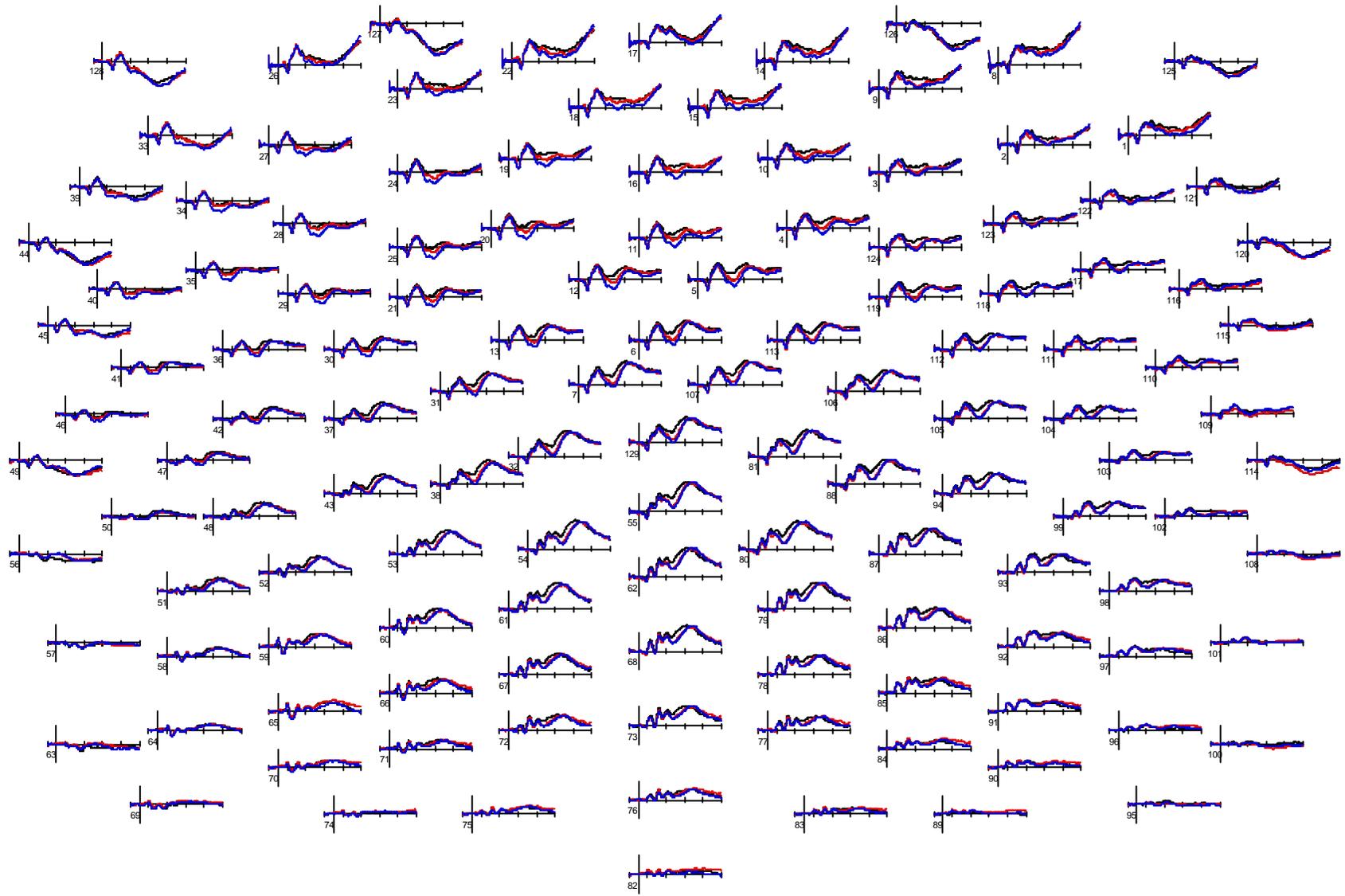


ANEXO 11: promedios de la figura 5.6 en las 129 localizaciones.

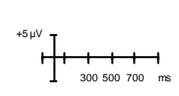


- No concordancia de G. y N.
- No concordancia de GENERO
- No concordancia de NUMERO





ANEXO 12: promedios de la figura 5.10 en las 129 localizaciones.



- Líneas base
- Sustantivo-Adjetivo
- Artículo - Sustantivo