



Revista Latinoamericana de Psicología

www.elsevier.es/rlp



ORIGINAL

Interferencia de la información léxica sobre la identificación de fonemas durante una tarea de decisión fonológica[☆]



Francisco Abelardo Robles Aguirre* y Wendy Fabiola Lara Galindo

Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, México

Recibido el 27 de abril de 2013; aceptado el 3 de junio de 2014

Disponible en Internet el 30 de julio de 2015

PALABRAS CLAVE

Decisión léxica;
Decisión fonológica;
N100;
N400

Resumen A partir de estudios con potenciales relacionados a eventos en tareas de decisión fonológica (DF) o léxica (DL), se ha propuesto que el procesamiento auditivo del lenguaje es de tipo serial con interacciones tardías entre los módulos fonológico, sintáctico y semántico. Este trabajo intentó valorar si existía una interferencia entre el procesamiento fonológico y semántico durante la DL y DF de sintagmas nominales utilizando un artículo definido en concordancia con un sustantivo. A fin de examinar esto, se presentaron 180 estímulos auditivos a un grupo de participantes, y se les pidió que realizaran una tarea de DL y una de decisión DF; 60 estímulos utilizaron palabras de la lengua, 60 con una vocal alterada en el sustantivo que generaba una pseudopalabra (PSP1), y 60 con una sílaba traslocada en el sustantivo para generar otro tipo de pseudopalabra (PSP2). Se registraron 10 participantes hispanohablantes adultos sin padecimientos neurológicos ni psiquiátricos. Se encontró que los participantes se equivocaron más al identificar las PSP1 que las PSP2 en la tarea de DL. No se encontraron diferencias en el componente N400 durante DL. En la tarea de DF, se encontró que el N100 incrementó su amplitud ante la presentación de palabras. Estos hallazgos apuntan a que la información léxica interfiere con la fase de procesamiento fonológico y cuestiona el modelo de procesamiento serial del lenguaje.

© 2015 Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

[☆] Premio al mejor artículo del número.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: franciscoara@live.com (F.A. Robles Aguirre).

KEYWORDS

Lexical decision;
Phonological
decision;
N100;
N400

Lexical information interference in phonemic recognition during a phonological decision task

Abstract Experiments using event-related potentials during phonological decision (PD) and lexical decision (LD) tasks have suggested that auditory language processing occurs in a serial fashion, with late interactions amongst the phonological, syntactic and semantic modules. This paper sought to assess the existence of interference between phonological and semantic processing during LD and PD in nominal phrases, by using a definite article to match a noun. In order to examine this, 180 auditory stimuli were presented to a group of participants, and they were asked to perform a LD and a PD task. Sixty auditory stimuli included a noun that generated a pseudo-word (PSP1), and 60 others included a misplaced syllable within the noun so as to generate another type of pseudo-word (PSP2). Ten adult Spanish speakers without any neurological or psychiatric disorders volunteered to take part in the experiment. Participants were found to make more mistakes when identifying PSP1 than PSP2 during the LD task. There were no significant differences in the N400 component during LD. As for the PD task, it was found that N100 increased in amplitude when words were presented. These findings go to show that lexical information interferes with the phonological processing phase, and questions the serial model of language processing.

© 2015 Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

El procesamiento del lenguaje es un tema de investigación en el que se han suscitado una serie de debates con respecto a su división en módulos y a la interacción entre estos (Hauser, Chomsky & Fitch, 2002; Friederici & Alter, 2004; Pinker & Jackendoff, 2005; Fitch, Hauser & Chomsky, 2005; Jackendoff & Pinker, 2005; Shalom & Poeppel, 2008; Friederici, 2012; Cevasco & Marmolejo, 2013). Así, por ejemplo, Jackendoff (2002, 2007) con base en evidencia proveniente del análisis lingüístico, supone un procesamiento del lenguaje en paralelo asentado en tres principios: (a) la consideración de la fonología, la semántica y la sintaxis como componentes generativos cuyas estructuras se encuentran ligadas a partir de reglas de interfase, (b) la existencia de restricciones paralelas entre estos componentes, es decir, interacciones no unidireccionales y (c) la concepción de las palabras y las reglas como elementos similares almacenados en la memoria a largo plazo.

Por otro lado, la perspectiva del procesamiento de orden serial postula la existencia de fases identificadas con los módulos de análisis lingüístico y que solo interactúan tardíamente (Friederici & Alter, 2004). Una de las propuestas más interesantes desde esta perspectiva es la desarrollada por Friederici (2002, 2003, 2011) en la cual se propone relacionar distintos componentes electrofisiológicos obtenidos por potenciales relacionados con eventos (PRE) como marcadores del tipo de procesamiento lingüístico y ubicarlos en el dominio del tiempo comparando su morfología para determinar el nivel de impenetrabilidad de cada una de las fases (fig. 1). Desde este punto de vista, los componentes electrofisiológicos constituyen una pieza más de evidencia, además de la aportada a partir del análisis lingüístico y de la medición de tiempos de reacción, para esclarecer la estructura organizacional del procesamiento del lenguaje.

Finalmente algunos otros modelos, elaborados a partir de la investigación en psicolingüística, suponen una

combinación entre el procesamiento serial y el paralelo, por ejemplo los modelos de tarea dual para la identificación de palabras, en donde se propone un análisis fonológico de la palabra para acceder al lexicón solo para el caso de palabras no conocidas, empero, para el caso de palabras conocidas se plantea un acceso directo al lexicón (Heim et al., 2005; Hanley, Dell, Kay & Baron, 2010; Marslen-Wilson, 2006). Así, de acuerdo con las premisas de cada aproximación, se ha buscado aportar evidencia experimental que permita identificar de qué manera los diferentes niveles de la lengua interactúan, mapeando los componentes electrofisiológicos relacionados con distintos aspectos del procesamiento lingüístico e intentando afectarlos en diversas tareas (Friederici, 2002; Hagoort, 2005).

En ese sentido, el presente trabajo se propuso, a partir de la manipulación en la capacidad de detección de pseudopalabras, investigar si existía una interacción temprana entre el procesamiento léxico y el fonológico, además de aportar evidencia sobre sus características.

La onda N100 y el procesamiento auditivo temprano

La N100 es una onda de actividad negativa que aparece entre los 50-150 ms ante la presentación de estímulos auditivos, y que parece tener distintos subcomponentes. Entre estos se ha encontrado una onda que puede ser registrada electroencefalográficamente en la región frontal y central de la cabeza y cuyo pico máximo se alcanza a los 75 ms generado aparentemente en la corteza auditiva. Además de otro componente con distribución más lateral con un pico alrededor de los 150 ms que parece ser generado en el giro temporal superior. Las ondas N100 parecen ser sensibles a los efectos atencionales modificando su latencia dependiendo

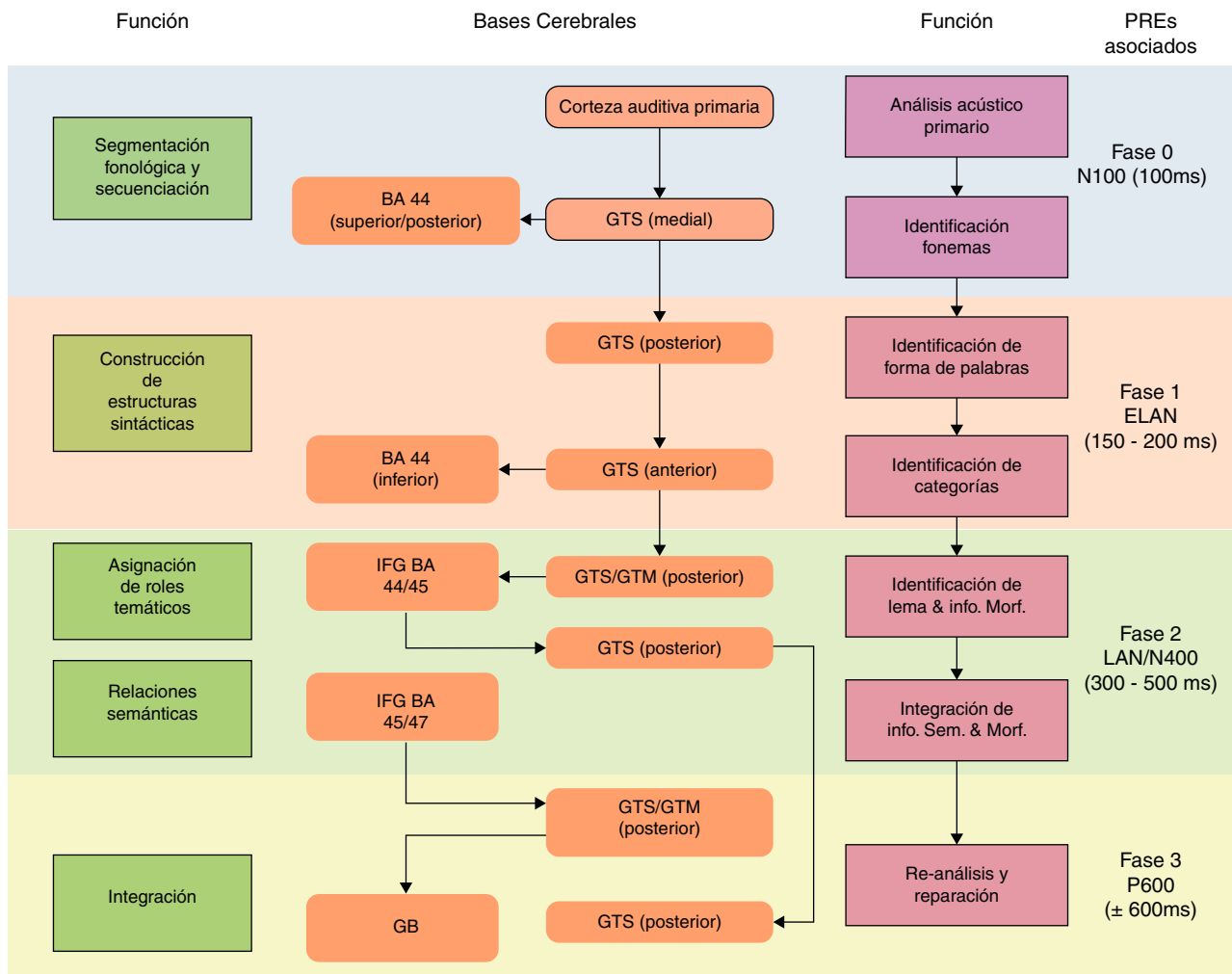


Figura 1 Ilustración de las fases de procesamiento descritas por Friederici (2002, 2003) de acuerdo a su modelo neurocognitivo del procesamiento auditivo de frases. Pueden observarse las tres fases del procesamiento y los componentes asociados a ellas. BA: área de Brodmann; GB: ganglios basales; GTM: giro temporal medial; GTS: giro temporal superior; IFG: giro frontal inferior; morf: morfológica; sem: semántica. Adaptado de Friederici (2002, p. 79).

de si la tarea requiere o no que el sujeto se centre en el estímulo (Luck, 2005, Luck & Kappenman, 2012). Se ha reportado también que su amplitud se modifica dependiendo del aporte de recursos atencionales en tareas de alta demanda cognitiva (Papageorgiou et al., 2009).

Diversos estudios han mostrado la relación entre los subcomponentes de la N100 y el procesamiento fonológico de rasgos distintivos, como la sonoridad (Hoonhorst et al., 2009; Sharman, Marsh & Dorman, 2000). Inclusive en modalidad visual, se ha descrito que la N100 presenta mayor amplitud ante una cadena de letras que ante una cadena de caracteres (Schendan, Ganis & Kutas 1998). Helenius, Parviainen, Paetau y Salmelin (2009) encontraron que la presentación de palabras y pseudopalabras generaban en los sujetos la aparición de la N100 en una tarea de identificación de nombres. En otro estudio, una onda N170 apareció ante estímulos ortográficos (palabras y pseudopalabras) con mayor amplitud que ante estímulos no ortográficos (cadenas de formas y alfa-numéricas) nuevamente en la modalidad visual (Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier

& Pernier, 1999). Friederici (2002) ha propuesto que la N100 representa un marcador del primer análisis específicamente lingüístico, identificación fonológica, llevado a cabo sobre frases u oraciones presentadas como estímulos auditivos.

La N400 y el procesamiento semántico

La N400 es el componente lingüístico más conocido, establecido como indicador del procesamiento semántico y pragmático llevado a cabo en el cerebro. Es una onda negativa cuyo pico máximo de voltaje se alcanza alrededor de los 400 ms después de la aparición de una palabra estímulo y que se ha reportado, aparece ante la presentación de cualquier palabra. La N400 parece ser un componente sensible al efecto de la congruencia semántica de una palabra dentro de una oración pues se ha encontrado en estudios utilizando palabras congruentes o incongruentes que completan una oración tanto al final como al medio de la enunciación. No

obstante, también se ha reportado en experimentos utilizando pares de palabras relacionadas o no relacionadas semánticamente (Kutas, Van Petten & Kluender 2006).

Más aún, se ha reportado que la amplitud del N400 es inversamente proporcional a la congruencia semántica entre los elementos comparados, de modo que a mayor congruencia, menor es la amplitud del componente, y viceversa. La aparición de potenciales parecidos al N400 se ha conseguido además en respuesta a estímulos significativos, como dibujos, fotos y sonidos familiares al sujeto (Ganis, Kutas & Sereno 1996). La aparición del componente N400 de modo muy similar ante los estímulos lingüísticos así como ante los no lingüísticos parece sugerir que este tipo de tareas reflejan procesos cerebrales análogos, es decir, la activación de distintas poblaciones neuronales que tienen un solapamiento importante (Kutas et al., 2006).

Los hallazgos anteriores han permitido proponer que el N400 es, en general, un índice de la facilidad o de la dificultad de retrotraer el conocimiento conceptual asociado a una palabra (o a otros estímulos significativos) dependiendo de la representación almacenada y de las señales que provee el contexto.

Aunque el N400 es susceptible de ser registrado entre los electrodos que componen la línea media, se ha descrito que el lóbulo temporal izquierdo es la mayor fuente de la actividad del N400, con una contribución mucho menor proveniente del temporal derecho (Kutas et al., 2006).

El modelo neurocognitivo del procesamiento auditivo de frases

A partir de una serie de estudios Friederici (2002, 2003), Friederici y Kotz, 2003, Friederici y Alter, 2004 plantearon la existencia de cuatro fases en el procesamiento auditivo de frases en las cuales reconocen, primero, un procesamiento de identificación de fonemas para, a partir de ahí, pasar al análisis de la categoría sintáctica de una palabra; de modo que en una tercera fase sea posible la asignación de roles temáticos a los elementos nominales de la oración y de relaciones semánticas entre los componentes de la oración lo que concluiría, finalmente, con la integración a través de un proceso de reanálisis y reparación (fig. 1).

La primera fase ocurre dentro de los primeros 100 ms posteriores a la presentación del estímulo lingüístico y parece relacionada con la aparición de una onda negativa alrededor de los 100 ms, la N100. La aparición de violaciones sintácticas evidentes obstruye la segunda fase y se manifiesta por la aparición del componente ELAN (onda temprana negativa del hemisferio izquierdo, a partir del inglés, *early left anterior negativity*) y morfosintáctica en una frase, y en la cual la detección de errores morfológicos o semánticos generan los componentes LAN (onda tardía negativa del hemisferio izquierdo, a partir del inglés, *left anterior negativity*) y N400, respectivamente, entre los 300-500 ms. Por último, en una cuarta etapa, se realizaría un reanálisis de integración de la frase en donde las dificultades para realizarlo, determinadas por el contexto lingüístico, manifestarían un aumento de la amplitud del componente positivo P600.

Desde esta perspectiva modular, se ha propuesto que el procesamiento sintáctico precede al semántico, y por tanto,

la violación combinada de la sintaxis y la semántica de una frase debería suprimir el componente N400 generado por la violación semántica presentada aisladamente. Utilizando esto como premisa Hahne y Friederici (2002) encontraron que mientras la violación semántica de una frase generaba un N400 y la violación de una categoría de palabra requerida por el contexto de la oración producía los componentes ELAN y P600, la violación combinada, en efecto, produjo una onda de negatividad anterior y una positividad posterior pero suprimió la aparición del N400.

En otro estudio, Friederici, Gunter, Hahne y Mauth (2004), utilizando un paradigma similar pero con algunas modificaciones como ambigüedad en los prefijos y la colocación del verbo de la oración principal al medio de la frase, reportaron de nuevo el N400 en respuesta a la violación semántica pero suprimido ante la violación combinada de la sintaxis y la semántica de la oración a favor del complejo LAN + P600. Sin embargo, aunque la propuesta de Friederici (2002) supone que el proceso de construcción de estructuras oracionales precede e inicialmente es independiente del análisis semántico, concluye con la hipótesis de que ambos interactúan, excepto que esto ocurre durante la fase última del procesamiento auditivo del lenguaje (fig. 1).

Consideraciones sobre la evaluación del modelo neurocognitivo en el presente estudio

Consideramos que una aproximación interesante para someter a prueba la hipótesis serial del modelo neurocognitivo de lenguaje (Friederici, 2003; Friederici & Alter, 2004) podría constituirse al utilizar dos distintos tipos de pseudopalabras, aquellas que difieren a partir de una traslocación silábica (PSP2) y aquellas que difieren mínimamente de las palabras de la lengua a partir de un fonema (PSP1) durante las tareas de DL y DF. Esta perspectiva parece adecuada puesto que la valoración de la interacción entre el procesamiento de identificación de la palabra (su acceso léxico) y la identificación de su fonema inicial (análisis fonológico) utilizando más de dos elementos en contraste (P, PSP1 y PSP2) ejemplifica el tipo de comparación paramétrica propuesto por diversos autores como ideal para evaluar hipótesis neurolingüísticas (Grodzinsky & Santi, 2008, 2009).

Así, el tiempo transcurrido y la inversión de recursos para los dos tipos de estímulos serían sumamente distintos de acuerdo con el modelo de doble ruta (Heim et al., 2005, Hanley, Dell, Kay & Baron, 2010). De esta manera, las PSP2 requerirían que el sujeto optara por la vía de acceso fonológico para descartar si se trata de una pseudopalabra, mientras que dada la similitud entre las PSP1 y las P, se optaría por la vía de acceso léxico, que tendría que ser inhibida una vez que se detectara el error fonológico.

Este estudio pretendió entonces explorar si existía una interacción en el procesamiento entre los niveles fonológico y léxico, facilitada a partir del tipo de estímulo, presente tanto en la tarea de DL como en la de DF y caracterizarla a partir de su impacto en la latencia y amplitud del componente relacionado con la inversión de recursos atencionales, N100, y con el N400 correspondiente al procesamiento semántico.

Método

Participantes

Se evaluaron 10 voluntarios, estudiantes de licenciatura y posgrado que no recibieron compensación alguna por su ejecución. Todos los participantes fueron informados sobre las características del estudio y signaron el documento de consentimiento informado de acuerdo a los procedimientos establecidos en el protocolo de Helsinki verificados por el Comité de Ética del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, donde se realizó el estudio. Se trató de seis hombres y cuatro mujeres diestros, hablantes nativos de español en variante mexicana, sin antecedentes psiquiátricos o de patología neurológica con una media de edad de 24.4 años (DE = 2503).

Materiales

La secuencia del paradigma experimental se generó en el programa Stim2 (Neuroscan Inc.) a partir de la audiograbación de sintagmas nominales (SN) de orden DET-N (utilizando como DET un artículo definido y como N el nombre de una fruta identificada por habitantes de la región central de México). Los estímulos auditivos se grabaron de manera digitalizada en el programa Audicity 1.3 Beta a una frecuencia de 44100 Hz con una ventana de ± 100 dB. Estos se convirtieron a sonido estéreo aumentando su frecuencia hasta los 192000 Hz en el programa Adobe Audition 3.0.

Se diseñaron tres tipos de estímulos auditivos dejando intactos los artículos correspondientes, al modificar los sustantivos (N) para generar palabras de la lengua (P), pseudopalabras de tipo 1 (PSP1) y pseudopalabras de tipo 2 (PSP2). Las palabras fueron N entre dos y tres sílabas (p. ej. *pera*), con una media de 2.6 sílabas y 5.6 letras. Las PSP1 se formaron a partir de las palabras elegidas alterando el fonema vocálico de una de sus sílabas (p. ej. *pora*) que en la mitad de los casos fue la sílaba átona y en la otra mitad la sílaba tónica. Las PSP1 se utilizaron suponiendo que su reconocimiento ocurriría a través de la vía léxica, es decir, su semejanza con una palabra de la lengua generaría un acceso similar al lexicón que debe ser inhibido una vez que se detecta la vocal alterada. Finalmente, las PSP2, se obtuvieron al traslocar los segmentos silábicos de las palabras (p. ej. *repa*), que condujeran a la utilización de la vía no léxica o fonológica para procesar el estímulo. La

mitad de los sustantivos utilizados comenzaba con vocal y la otra mitad con consonante.

El paradigma experimental quedó integrado por 180 distintos SN en cada tarea. Se utilizaron 60 palabras, 60 PSP2 y 60 PSP1. La secuencia de estímulos se construyó de modo aleatorizado con respecto a la aparición de sintagmas con palabras, con PSP1 o con PSP2, y tal secuencia se mantuvo para todos los participantes tanto para la tarea DL como para la DF, aunque el orden en que estas se presentaron se alternó para cada participante.

Procedimiento

Se pidió a los participantes que realizaran las tareas de decisión léxica (DL, determinar si el N en el sintagma era una palabra, o no era una palabra de la lengua) y decisión fonológica (DF, determinar si el N en el sintagma comenzaba con una vocal o con una consonante). En ambos tipos de tarea se les especificó que se les presentarían tres tipos de estímulos, palabras comunes de la lengua (P), palabras que solo cambiaban el sonido de una vocal (PSP1) y palabras que identificarían más fácilmente como inexistentes en la lengua (PSP2). Se les mencionaron ejemplos de cada tipo y los sujetos ejecutaron una tarea de práctica de nueve ensayos. Los sujetos respondieron con el dedo índice utilizando ambas manos, a través de una caja con dos botones en donde cada uno de ellos correspondía a las dos variables de respuesta (vocal-consonante al inicio para la tarea de DF, palabras-no palabras de la lengua en la tarea de DL). La lateralidad de la respuesta correcta se contrabalanceó, de modo que cinco sujetos utilizaron el índice derecho para la respuesta correcta y cinco el izquierdo.

Cada estímulo completo, SN, se presentó en una ventana de 1200 ms. El SN era seguido por una pantalla indicando al sujeto que respondiera en una ventana de 1000 ms. Finalmente, se otorgaron 200 ms de intervalo interestímulo (fig. 2). Las tareas estuvieron separadas por 2 minutos de descanso.

Registro electroencefalográfico

Para cada tarea se llevó a cabo un registro de EEG continuo con digitalización de la señal eléctrica (con un ancho de banda de 0.1-100 Hz) a una tasa de muestreo de 500 Hz y por medio de un amplificador NuAmps (Neuroscan Inc.). Se colocaron 19 electrodos en concordancia con el sistema

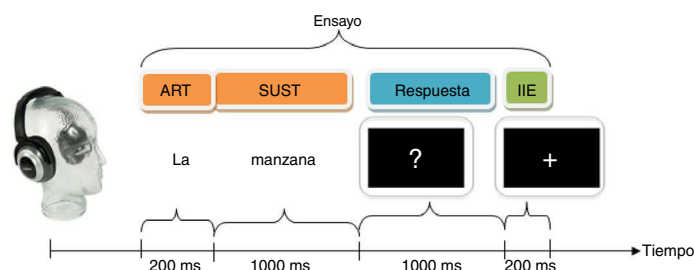


Figura 2 Esquema que muestra la estructura general de un ensayo para ambas tareas de la prueba. Para la DL, la respuesta consistía en decidir si la palabra escuchada había sido o no una palabra propia de la lengua. Para la DF, se trató de decidir si el sustantivo escuchado empezaba con vocal o con consonante. ART: artículo; IIE: intervalo interestímulo; SUST: sustantivo.

internacional 10/20 (Klem, Lüders, Jasper & Elger, 1999). Las derivaciones que se utilizaron en el registro fueron: Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, F7, F8, C3, C4, Cz, T3, T4, P3, P4, Pz, T5, T6, O1 y O2. Se utilizaron como referencia electrodos cortocircuitados colocados sobre los lóbulos de las orejas. Los movimientos oculares fueron registrados por dos electrodos colocados en el canto externo y suborbital del ojo derecho. La impedancia se mantuvo por debajo de 5 K Ω durante todo el registro.

Una vez realizado el registro de la señal eléctrica, se llevó a cabo un filtrado *offline* permitiendo únicamente las ondas entre los 1-30 Hz para todos los canales. Posteriormente se eliminó el artefacto proveniente del parpadeo y de ondas de amplitud mayores a 50 μ V. Se eliminaron además los segmentos correspondientes a respuestas incorrectas de los participantes.

Análisis electroencefalográfico

Los registros electroencefalográficos fueron analizados en el programa Neuroscan 4.5. Se filtraron los artefactos, el movimiento ocular, se alinearon y se quitaron los segmentos donde el sujeto respondió erróneamente. La ventana utilizada para el análisis de los PRE se fijó desde 100 ms antes del inicio del sustantivo hasta 1000 ms después. A partir del análisis de todos los electrodos, con el programa Neuroscan 4.5, se identificaron los picos de mayor amplitud para N100 entre los 70 y los 150 ms, y para el N400 entre los 300 y los 500 ms.

Análisis estadísticos

De acuerdo con la aplicación de las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk y homogeneidad de las varianzas de Levene, los datos conductuales no se distribuyeron normalmente y los electrofisiológicos no tuvieron una igualdad entre las varianzas que permitiera la aplicación de estadística paramétrica. Así, para los datos de latencia y número de respuestas correctas se utilizaron la prueba de medidas repetidas de un factor de Friedman y la prueba de rangos con signo de Wilcoxon a fin de comparar la ejecución de los participantes ante la presentación de palabras, PSP1 y PSP2 en ambas tareas.

Para comparar las amplitudes y latencias de los PRE durante las condiciones de ambas tareas se utilizó también la prueba de Friedman y la prueba de rangos de Wilcoxon, comparando las latencias y las amplitudes en los electrodos donde se identificaron los picos de mayor amplitud para N100 y N400. La significación para todas las pruebas se fijó en una $p < .05$.

Resultados

Conductuales

Con respecto al número de respuestas correctas e incorrectas, al comparar las respuestas ante P, PSP1 y PSP2 en ambas tareas, no se encontró una diferencia significativa entre estas variables en la tarea de DF ($Q = 1.80$; $p = .2$). En cuanto a la tarea de DL, la prueba de Friedman mostró diferencias

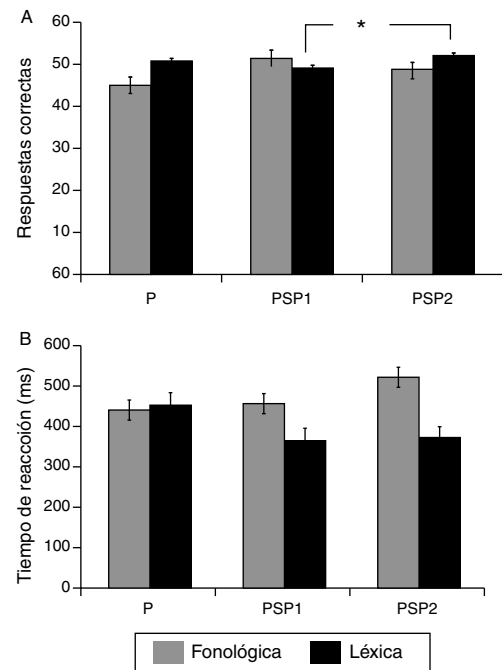


Figura 3 A) Media \pm ES del número de respuestas correctas dadas por los participantes en las dos tareas ante cada tipo de estímulo (palabras, PSP1 y PSP2). Se señala con (*) la única diferencia significativa entre las condiciones de PSP1 y PSP2 durante la tarea de DL. $p < .05$. B) Media \pm ES del tiempo de reacción en las respuestas correctas dadas por los participantes en las dos tareas ante cada tipo de estímulo (P, PSP1 y PSP2). No existieron diferencias significativas entre los tipos de estímulo en ninguna de las tareas.

significativas ($Q = 6.68$; $p < .05$), mientras que el análisis por Wilcoxon demostró que los sujetos produjeron un mayor número de respuestas incorrectas al identificar a las PSP1 que a las PSP2 ($W = 4$; $p < .0185$) (fig. 3A).

En lo correspondiente a la latencia en las respuestas, no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones ni en la tarea de DF ($Q = 2.4$; $p = .2$) ni en la de DL ($Q = 3.20$; $p = .2$) (fig. 3B).

Electroencefalográficos

En lo concerniente a las amplitudes de los PRE, de entre todos los electrodos colocados se identificó el componente N400 con mayor amplitud en la derivación Cz (coincidentemente con la literatura, Kutas, Van Petten & Kluender 2006) y se comparó entre las tres condiciones de la tarea DL. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de estímulos con la prueba de Friedman ($Q = 3.56$; $p = .2$), a través del análisis por Wilcoxon se indagó si entre algunas de las condiciones existía diferencia. La prueba de Wilcoxon mostró que no existieron diferencias en la amplitud del componente N400 entre las condiciones de la tarea de DL ($p = .2$) (fig. 4). Finalmente, se encontró que las latencias del componente N400 en la derivación Cz durante la tarea de DL tampoco tuvieron diferencias significativas ni con la prueba de Friedman ($Q = 0.6$; $p = .2$), ni con el análisis de Wilcoxon ($p = .2$).

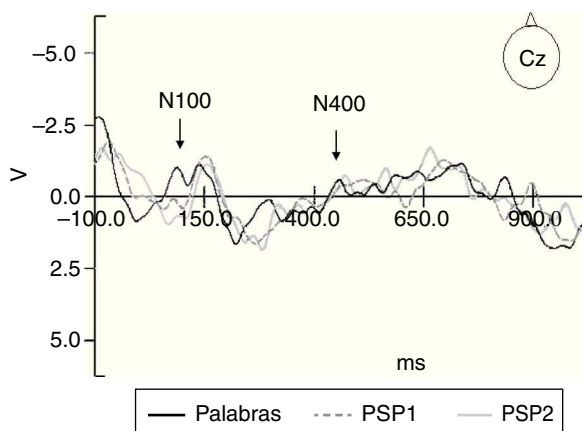


Figura 4 Se ilustran los componentes N400 que presentaron los participantes ante los tres tipos de estímulos (palabras, PSP1 y PSP2) alrededor de los 470 ms durante la tarea de DL. Puede verse también, con menor amplitud que en la tarea de DF, el componente N100 relacionado. No se encontraron diferencias significativas ni en latencia ni en amplitud del N400 ni en el segundo pico del N100 al comparar las condiciones.

Por otra parte, se identificó el componente N100 con mayor amplitud en la derivación Fz (de nueva cuenta, de acuerdo con la literatura, Luck, 2005) y se comparó entre las tres condiciones de la tarea DF (fig. 5). No se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de estímulo al comparar las latencias del componente N100 durante la DF con la prueba de Friedman ($Q=3.37$; $p=.2$). Sin embargo, al comparar las amplitudes del componente N100 en la derivación Fz se halló una tendencia con la prueba de Friedman ($Q=5.4$; $p<.1$), que quisimos indagar con el análisis de Wilcoxon. En este encontramos una diferencia significativa en la amplitud del N100 entre las condiciones de palabras y PSP2 ($W=5.0$, $p<.01$) que resultó mayor para las palabras que para las PSP2.

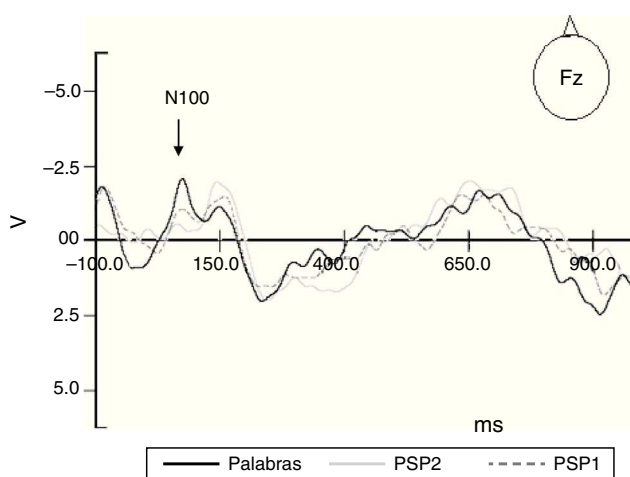


Figura 5 Se ilustran los componentes N100 que presentaron los participantes ante los tres tipos de estímulos (palabras, PSP1 y PSP2) durante la tarea de DF, con dos picos de actividad. El primer pico alrededor de los 70 ms y el segundo aproximadamente a los 150 ms. Solo el primero generó diferencias significativas entre los elementos.

Discusión y conclusiones

El presente trabajo se propuso investigar la existencia de una interacción temprana entre el procesamiento léxico y el fonológico a partir de la manipulación en la capacidad de detección de pseudopalabras. Contrario a lo propuesto por Friederici (2002), en este estudio se encontró evidencia de una modificación en la amplitud del componente N100 al comparar su aparición ante P, PSP1 y PSP2, que sugiere que dicha interacción es posible desde fases muy tempranas del procesamiento lingüístico.

Los resultados presentan una serie de hallazgos que requieren ser explorados con mayor amplitud. El primero de ellos consiste en la relación entre la variable conductual y los componentes N100 y N400, pues aun cuando los sujetos fallaron más al identificar si las PSP1 eran palabras o no, con respecto a las PSP2 en la DL, esta diferencia no se manifestó de modo directo en las latencias ni en las amplitudes de los PRE. Del mismo modo, la diferencia hallada en la amplitud del componente N100 durante la DF no se vio reflejada conductualmente ni en el número de respuestas correctas ni en la latencia de las respuestas.

Aun cuando las diferencias encontradas entre las respuestas conductuales y las halladas entre las mismas variables en los PRE difirieron, se considera que estas son resultado de una interacción entre la demanda de las tareas y el tipo de variable de registro. Así, en la DL la similitud entre las palabras y las PSP1 fue el factor fundamental para inducir a un mayor número de errores en las respuestas de los sujetos. Se puede suponer entonces que esta misma similitud implicó un mayor esfuerzo cognitivo de los voluntarios para la realización de ambas tareas. Esto es evidente si observamos el componente N100 y sus amplitudes tanto en la tarea de DL como en la de DF, de modo que las amplitudes de N100 fueron similares entre las palabras y las PSP1 y difirieron, significativamente para el caso de DF únicamente, de las amplitudes relacionadas con las PSP2 (figs. 4 y 5).

De acuerdo con lo planteado en el modelo de ruta dual de Heim et al. (2005), consideramos que el reconocimiento de las P, las PSP1 y las PSP2 ocurre paralelamente por ambas vías, la léxica y la no léxica o fonológica. Se ha reportado que alrededor de los 200 milisegundos del inicio de la palabra blanco, o 150 milisegundos previos al final de la misma, tiene lugar la selección léxica, reflejando el hecho de que, para el caso de palabras de la lengua, la identificación de la misma ocurre mucho antes de que la totalidad de la palabra haya sido escuchada, no así para las pseudopalabras (Helenius et al., 2009).

Levelt (1995), por ejemplo, ha propuesto que el acceso léxico puede tener lugar alrededor de los 150-200 ms. De esta manera, es posible que milisegundos antes de terminado el sustantivo, tanto para las palabras como para las PSP1, la ruta léxica gane acceso al lexicón para el reconocimiento de las palabras y de las PSP1. Sin embargo, este reconocimiento debe ser inhibido hasta el final de la enunciación para las palabras, o hasta que aparezca el elemento fonológico alterado en las PSP1, para acceder al lexicón y responder a la tarea del reconocimiento. Por otra parte, el reconocimiento de las PSP2 no consigue acceso al lexicón por ninguna de las dos rutas hasta el final de la enunciación.

Al parecer es esta inhibición del acceso léxico la que se ve reflejada en la amplitud de la N100 y que es correspondiente a la mayor cantidad de recursos requeridos (y por ende, mayor amplitud de la onda) para las palabras, menor para las PSP1 (dado que la inhibición termina tan pronto aparece el elemento fonológico tergiversado, y el reconocimiento se sigue por la ruta no léxica); y ausente para las PSP2.

Consideramos esta hipótesis en concordancia con diversas propuestas sobre acceso léxico (Marslen-Wilson & Warren, 1994; Gaskell & Marslen-Wilson, 1997). Así, por ejemplo, Marslen-Wilson y Warren (1994) encontraron un efecto léxico en una tarea de decisión fonológica al comparar la latencia de las respuestas ante palabras y pseudopalabras con una mayor latencia para estas últimas. Estos autores afirmaron que ello era evidencia de que las decisiones preléxicas se encuentran inextricablemente ligadas con eventos de carácter léxico, puesto que las decisiones fonológicas están cimentadas sobre la representación de las palabras. Gaskell y Marslen-Wilson (1997) han propuesto, a partir de la simulación computacional de sus resultados, que la percepción de la forma fonológica requerida durante las tareas de decisión se lleva a cabo en paralelo con el acceso al conocimiento semántico. Esta posibilidad provee de una base representacional común para las palabras y las no palabras.

Un aspecto más que necesita ser discutido es la diferencia en la morfología de la onda N100, con sus dos componentes, en ambos tipos de tareas. Pensamos que la diferencia en la morfología y la amplitud del componente N100 entre ambas tareas se relacionó con el énfasis atencional en el análisis fonológico propio de la tarea de DF (figs. 4 y 5). Aunque previsto en la tarea de DL, el incremento en la amplitud del componente N100 relativo al tipo de estímulo durante la tarea de DF, parece contrario a las hipótesis esgrimidas por Friederici (2002), Friederici y Alter (2004). Tal incremento parece apuntar a una interferencia del procesamiento léxico, sobre una fase de análisis anterior, la del análisis fonológico puesto en marcha durante la detección requerida por la propia tarea.

Al seguir lo expuesto en diversos estudios (Luck, 2005; Papageorgiou et al., 2009; Hinojosa, Méndez-Bértolo & Pozo, 2012), si el aumento de la amplitud parece una marca de inversión de mayores recursos atencionales, esta primera fase de detección fonológica podría requerir una cantidad de recursos adicionales por dos razones. Primero, debido a los requerimientos propios de la tarea realizada, de ahí que exista una mayor amplitud durante la DF que durante la DL. Y segundo, a partir de un proceso probable de inhibición, como ya se explicó, de la vía de reconocimiento léxico en tanto que procesamiento automático y que implica la aparición de la N100 en ambas tareas y con el mismo patrón en el orden de las amplitudes (más amplitud para las palabras, menos para las PSP1 y menos aún para las PSP2).

Es probable que el tipo de tareas utilizadas, puesto que los sujetos sabían que aparecerían estímulos muy similares a las palabras (las PSP1) y debían esperar hasta el final de la enunciación del sustantivo para emitir su respuesta, hayan implicado la no aparición del efecto de lexicalidad en las latencias en las respuestas de los sujetos, en particular durante la DL.

Un último hallazgo es que, contrario a lo esperado, el componente N400 no difirió significativamente entre las condiciones de la tarea de DL. Así mismo, su amplitud fue menor a la prevista. Es probable que ello se deba a que se generó el sintagma nominal a partir de la utilización de palabras de clase cerrada, como los determinantes, acompañando al sustantivo. De este modo, la amplitud del N400 no se vio facilitada por la aparición del sustantivo evaluado en un contexto de integración semántica y lo único que pudimos registrar fue el efecto N400 presente ante la aparición de cualquier cadena de estímulos lingüísticos.

De este modo, los resultados de este estudio coinciden con la evidencia de que desde fases tempranas de identificación fonológica existe interacción entre las etapas de procesamiento producto del acceso léxico automático temprano de las palabras (Hagoort, 2005), más aún, que existe una interacción temprana específica entre el acceso léxico y el fonológico, de modo similar a como lo han sugerido estudios centrados en componentes tempranos, alrededor de los 150-200 ms, que relacionaron pistas fonotácticas con acceso léxico (Rossi et al., 2011), y a trabajos que relacionaron la amplitud del N100 con la utilización de recursos atencionales en el procesamiento de estímulos (Hinojosa, Méndez-Bértolo & Pozo, 2012).

No obstante, resulta indispensable realizar una comprobación en una muestra con un mayor número de sujetos (pues una de las limitaciones importantes de este estudio es el tamaño reducido de la muestra) y utilizando paradigmas que incorporen elementos de clase abierta con contenido semántico, como adjetivos, para conformar el sintagma nominal en las tareas correspondientes. En este sentido, sería interesante verificar en una tarea similar a la de este estudio, si a partir de la obtención de un componente N400 de mayor amplitud en una tarea de DL, si el N100 disminuye su amplitud significativamente o desaparece, como lo predice la hipótesis del procesamiento serial de Friederici (2002), y si se pueden confirmar nuestros resultados en la tarea de DF.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Bentin, Sh., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M., Echallier, J., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 235–260.
- Cevasco, J. & Marmolejo, F. (2013). The importance of studying prosody in the comprehension of spontaneous spoken discourse. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(1), 21–33.
- Fitch, T., Hauser, M., & Chomsky, N. (2005). The evolution of language faculty: Clarifications and implications. *Cognition*, 97, 179–210.
- Friederici, A. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78–84.
- Friederici, A. (2003). The role of left inferior frontal and superior temporal cortex in sentence comprehension: Localizing syntactic and semantic processes. *Cerebral Cortex*, 13, 170–177.

- Friederici, A. & Kotz, S. (2003). The brain basis of syntactic processes: functional imaging and lesion studies. *Neuroimage*, 20, 58–517.
- Friederici, A., Gunter, T., Hahne, A., & Mauth, K. (2004). The relative timing of syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *Neuroreport*, 15, 165–169.
- Friederici, A. & Alter, K. (2004). Lateralization of auditory language functions: A dynamic dual pathway model. *Brain and Language*, 89, 267–276.
- Friederici, A. (2011). The brain basis of language processing: From structure to function. *Physiological Review*, 91, 1357–1392.
- Friederici, A. (2012). The cortical language circuit: From auditory perception to sentence comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(5), 262–268.
- Ganis, G., Kutas, M., & Sereno, M. (1996). The search for common sense: An electrophysiological study of the comprehension of words and pictures in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 89–106.
- Gaskell, M. & Marslen-Wilson, W. (1997). Integrating form and meaning: a distributed model of speech perception. *Language and Cognitive Processes*, 12(5/6), 613–656.
- Grodzinsky, Y. & Santi, A. (2008). The battle for Broca's region. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 12(12), 474–480.
- Grodzinsky, Y. & Santi, A. (2009). Response to Willems and Hagoort: an imperfect theory gets you further than random facts. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 13(3), 102.
- Hagoort, P. (2005). On Broca, brain, and binding: a new framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(9), 416–423.
- Hanley, R., Dell, G., Kay, J., & Baron, R. (2010). Evidence for the involvement of a nonlexical route in the repetition of familiar words: A comparison of single and dual route models of auditory repetition. *Cognitive Neuropsychology*, 21(2–4), 147–158.
- Hauser, M., Chomsky, N., & Fitch, T. (2002). The faculty of language: What is it, who has it and how did it evolve? *Science*, 298, 1569–1579.
- Hahne, A. & Friederici, A. (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research*, 13, 339–356.
- Heim, S., Alter, K., Ischebeck, A., Amunts, K., Eickhoff, S., Mohlberg, H., et al. (2005). The role of left Brodmann's areas 44 and 45 in reading words and pseudowords. *Cognitive Brain Research*, 25, 982–993.
- Helenius, P., Parviainen, T., Paetau, R., & Salmelin, R. (2009). Neural processing of spoken words in specific language impairment and dyslexia. *Brain*, 132, 1918–1927.
- Hinojosa, J., Méndez-Bértolo, C., & Pozo, M. (2012). High arousal words influence subsequent processing of neutral information: Evidence from event-related potentials. *International Journal of Psychophysiology*, 86, 143–151.
- Hoonhorst, I., Serniaclases, W., Collet, G., Colin, C., Markessis, E., Radeau, M., et al. (2009). N1b and Na subcomponents of the N100 long latency auditory evoked-potential: Neurophysiological correlates of voicing in French-speaking subjects. *Clinical Neurophysiology*, 120, 897–903.
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of language*. Nueva York, NY: Oxford University Press.
- Jackendoff, R. & Pinker, S. (2005). The nature of the language faculty and its implications for evolution of language (Reply to Fitch, Hauser and Chomsky). *Cognition*, 97, 211–225.
- Jackendoff, R. (2007). A parallel architecture perspective on language processing. *Brain Research*, 1146, 2–22.
- Klem, G., Lüders, H., Jasper, H. H. y Elger, C. (1999). The ten-twenty electrode system of the International Federation. En G. Deuschl & A. Eisen (Eds.), *Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Physiology* (pp. 3–6). Nueva York, NY: Elsevier Science B. V.
- Kutas, M., Van Petten, C. y Kluender, R. (2006). Psycholinguistics electrified II (1994-2005). En M. Gernsbacher & M. Traxler (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics* (pp. 659–724). Nueva York, NY: Elsevier Press.
- Levitt, W. (1995). *Speaking: From intention to articulation*. Boston, MA: MIT Press.
- Luck, S. (2005). *An introduction to the event-related technique*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Luck, S. & Kappenman, E. (2012). ERP components and selective attention. En S. Luck y E. Kappenman (Eds.), *The Oxford handbook of event related potential components* (pp. 295–328). Nueva York, NY: Oxford University Press.
- Marslen-Wilson, W. & Warren, P. (1994). Levels of perceptual representation and process in lexical access: words, phonemes and features. *Psychological Review*, 101(4), 653–675.
- Marslen-Wilson, W. (2006). Morphology and language processing. En K. Brown (Ed.), *Encyclopedia of Language & Linguistics* (pp. 295–300). Nueva York, NY: Elsevier.
- Papageorgiou, Ch., Giannakakis, G., Nikita, K., Anagnostopoulos, D., Papadimitriou, G., & Rabavilas, A. (2009). Abnormal auditory ERP N100 in children with dyslexia: comparison with their control siblings. *Behavioral and Brain Functions*, 5, 26–36.
- Pinker, S. & Jackendoff, R. (2005). The faculty of language: what's special about it? *Cognition*, 95, 201–236.
- Rossi, S., Jürgenson, I., Hanulíková, A., Telkemeyer, S., Wartenburger, I., & Obrig, H. (2011). Implicit processing of phonotactic cues: Evidence from electrophysiological and vascular responses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(7), 1752–1764.
- Schendan, H., Ganis, G., & Kutas, M. (1998). Neurophysiological evidence for visual perceptual organization of words and faces within 150 ms. *Psychophysiology*, 35, 240–251.
- Shalom, D. B. & Poeppel, D. (2008). Functional anatomy of language: Assembling the pieces. *The Neuroscientist*, 14(1), 119–127.
- Sharma, A., Marsh, C., & Dorman, M. (2000). Relationship between N1 evoked potential morphology and the perception of voicing. *Journal of Acoustical Society of America*, 108(6), 3030–3035.