



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
División de Ciencias Biológicas  
Departamento de Ciencias Ambientales

## INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

### **Correlatos electrofisiológicos asociados con el reconocimiento ortográfico de palabras en jóvenes**

Tesis  
que para obtener el grado de  
**MAESTRA EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO  
(OPCIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

**Elizabeth Rodríguez Santillán**

Comité tutorial

**Dra. Fabiola Reveca Gómez Velázquez (Directora)**

Dr. Daniel Zarabozo E. de Rivera

Dra. Julieta Ramos Loyo

Mtra. Judith Suro Sánchez

Dr. Luis Miguel Sánchez Loyo

Guadalajara, Jalisco

diciembre de 2010

*El viaje no termina jamás. Sólo los viajeros terminan,  
y también ellos pueden subsistir en memoria, en recuerdo, en  
narración. El objetivo de un viaje es sólo el inicio de otro viaje  
(Saramago).*

*Con todo mi cariño*

*A mi familia*

*A Carlos*

## Agradecimientos

Aquellos que llevas en tu corazón están siempre cerca. A mis padres por todo su cariño y consejos, por ser los mejores cómplices de mi vida ayudándome e incentivándome a alcanzar cada uno de mis sueños y por ofrecerme en Nueva Italia un hogar donde todo lo difícil parece más fácil. Infinitas gracias. Me debo a ustedes.

A Javi y a José por dar alegría a mi vida, por compartir lo que somos mientras seguimos andando por la vida.

A Carlos por todo lo que hemos vivido desde que iniciamos a caminar juntos, por las historias que creas para hacernos reír, porque juntos intentamos ser cada día mejores.

A la Dra. Martha J. Arias por todo el cariño y consejos, por todas esas agradables charlas compartidas en el camino del hospital a casa.

A los que formaron mis raíces e incrementaron mi gusto por las Neurociencias y aún hoy me siguen impulsando para crecer: Víctor Patiño y Erwin Villuendas.

A mis amigas en la distancia: Irma Fuentes, Diana Urbina, Ana Sarmiento, Maritza Becerril, Ana Miranda, y Karol Contreras, con quienes a través de los correos seguimos narrando la aventura de vivir.

A todas mis amigas en Guadalajara: Rocío Souza, Ana Miranda, Daniela Medina, que permiten que mi estancia en Guadalajara sea muy agradable.

A todos mis compañeros y amigos del Instituto por compartir la aventura de entender con el cerebro al cerebro mismo, por todo lo que compartimos en el aula y fuera de ella.

A la Dra. Fabiola y al Dr. Andrés, por permitirme formar parte del Laboratorio de Neurofisiología clínica (“The fearless Lab”), y ser de los estudiantes que formaron en este laboratorio, por todas sus enseñanzas en estos tres años.

A mi comité tutorial por todas sus observaciones, guías y preguntas que permitieron mejorar el trabajo y a mi persona.

A todos los maestros de instituto por compartir lo que saben con nosotros los alumnos. Al maestro Sergio Meneses, por toda su paciencia y por guiar mis pensamientos a mejores ideas.

A las Doctoras: Rosa Meda y Elva Arias, por brindarme la oportunidad de trabajar con ustedes, por toda su comprensión al permitirme tener un horario de trabajo flexible que permitió continuar y terminar las evaluaciones de los participantes para esta investigación.

Al CONACyt por el apoyo económico brindado durante los cuatro semestres de la maestría.

La mayor parte de nuestra vida consiste en ir, no en llegar, pues cuando uno llega siente de forma inevitable la necesidad de ir a otro sitio distinto (Grad, 1998). Después de presentar el examen de grado sólo restará seguir adelante y, prepararse a soñar algo nuevo a creer, creer. Lo mejor está por venir...

*Finalmente cuanto mayor es la dificultad, mayor es la gloria (Cicerón).*

## Resumen

La eficiencia lectora se basa en el reconocimiento automático de las palabras, el cual involucra mecanismos de recuperación-comparación que requieren en gran medida de la memoria visual, también requiere de predecir las palabras con base en el contexto. Existen individuos con marcadas dificultades para realizar estos procesos así como para el aprendizaje de la ortografía de las palabras a pesar de haber sido expuestos a textos. El estudio de la automatización en el reconocimiento visual de palabras con herramientas de alta resolución temporal (como los Potenciales Relacionados con Eventos, PREs), resulta útil para la caracterización de diferencias existentes en el procesamiento de las palabras entre los individuos. *Objetivo:* Evaluar las respuestas electrofisiológicas ante el reconocimiento de violaciones ortográficas en jóvenes con distintos niveles de rendimiento en ortografía. *Participantes y Métodos:* 45 estudiantes de 16 a 19 años, diestros, divididos en: alto rendimiento en ortografía (A), rendimiento Medio (M) y Bajo rendimiento (B). La tarea consistió en la presentación de pares de estímulos: una imagen seguida de una palabra que podía ser Correcta (C), Incorrecta ortográfica (IO) e Incorrecta semántica (IS), los estudiantes debían evaluar la concordancia de la palabra con la imagen previa. Se registró simultáneamente la actividad eléctrica cerebral. *Resultados:* El grupo Bajo exhibió un significativo menor número de respuestas correctas sólo en la condición IO y mayores tiempos de reacción. En el componente P150 el grupo B mostró mayor voltaje en las condiciones IO e IS con respecto al grupo A. En el componente P200 el grupo A mostró mayor voltaje con respecto al grupo M y B. En el componente N400 el grupo A mostró mayor voltaje bilateral, mientras que el grupo B mostró mayor negatividad sólo en el hemisferio izquierdo. *Conclusión:* Grupos con distinto nivel de rendimiento en ortografía generan diferentes componentes de los PREs ante el reconocimiento de un error ortográfico en una palabra.

## Abstract

Reading efficiency is based on the automatic recognition of words, which involves comparing-recovering mechanisms. This efficiency requires visual memory in a large extent, in addition to be able to predict words based on context. There are individuals with difficulties in carrying out these processes as well as for learning the orthographic of words, despite having been exposed to texts. The study of the automatization in the visual recognition of words with high temporal resolution tools (such as Event-Related Potentials, ERPs) is useful to characterize differences in the processing of words between individuals. *Objective:* To evaluate the electrophysiological responses to the recognition of orthographic mistakes in young participants with different levels of performance in orthographic knowledge. *Participants and Methods:* 45 students from 16 to 19 years, right-handed, were assigned to three groups: high performance in orthographic knowledge (A), Medium performance in orthographic knowledge (M) and low performance in orthographic knowledge (B). The task consisted of presenting pairs of stimuli: an image followed by a word that could be Correct (C) Orthographically Incorrect (IO) and Semantically Incorrect (IS), students had to evaluate the concordance of the word with the previous image. Simultaneously electrical brain activity was recorded. *Results:* B group showed a significantly lower number of correct answers only to the IO condition and increased reaction times. The P150 component of the group B showed higher voltage in the IO and IS conditions compared to group A. P200 component in group A showed a higher voltage with respect to group M and B, N400 component in group A showed greater bilateral voltage, while group B showed more negativity in the left hemisphere only. *Conclusions:* Groups with different levels of performance in orthographic knowledge generate different components of the ERPs to the recognition of orthographic mistake in a word.

# Índice

<b>Resumen</b>	
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes</b>	
I. Procesamiento Visual de Palabras	3
II. Ortografía	12
III. Potenciales Relacionados con Eventos	20
IV. PREs ante el Procesamiento Visual de Palabras	29
<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>36</b>
<b>Método</b>	<b>40</b>
Tarea Experimental	
Reconocimiento de Violaciones Ortográficas con Contexto	<b>42</b>
<b>Resultados</b>	<b>50</b>
<b>Discusiones</b>	<b>70</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>79</b>
<b>Referencias</b>	<b>80</b>
<b>Anexos</b>	<b>96</b>

## Introducción

**E**n las últimas décadas el interés por el estudio del lenguaje a través de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) ha incrementado debido a la necesidad de explorar de manera fisiológica y con alta resolución temporal los componentes del lenguaje como: el semántico, el sintáctico y el ortográfico. La mayor parte de las investigaciones realizadas con PREs han evaluado el componente semántico y sintáctico.

El componente ortográfico a través de los PREs ha sido evaluado de forma individual y en el contexto de una oración. De forma individual se ha comparado el procesamiento cerebral ante la presencia de cadenas de letras en comparación con cadenas de símbolos y formas, entre secuencias permisibles de letras en comparación con secuencias no permisibles.

Por otra parte, existen muy pocos trabajos que estudien la presencia de errores ortográficos, con conservación de la fonología de las palabras, algunos lo han hecho en el contexto de una oración como Münte y colaboradores (1998), quienes reportaron para una violación ortográfica una positividad que termina posterior a los 600 milisegundos. Otro estudio realizado en oraciones en alemán reportó una mayor negatividad alrededor de los 160 milisegundos ante sustantivos sin violación ortográfica en comparación con sustantivos con violación ortográfica (Sauseng, Bergmann y Wimmer, 2004). Un estudio más encontró una positividad alrededor de los 600 milisegundos para aquellas palabras que contenían una violación ortográfica y que eran esperadas en el contexto de la oración (Vissers, Chwilla y Kolk, 2006).

La mayor parte de los estudios de reconocimiento ortográfico se han realizado en lenguas como el inglés y el francés, sin embargo, las características de la ortografía en español son distintas a las de estas lenguas. En español, uno

de los errores ortográficos más frecuentes está relacionado con el uso inadecuado de aquellos grafemas que comparten un mismo fonema y no existen datos que informen sobre los correlatos electrofisiológicos asociados en este tipo de errores en adultos jóvenes, ni sobre las posibles diferencias en el procesamiento electrofisiológico subyacentes a las dificultades ortográficas. Por esta razón el presente estudio abordará el reconocimiento de violaciones ortográficas en palabras en español en jóvenes con una escolaridad de 12 años y una experiencia lectora de más de 10 años.

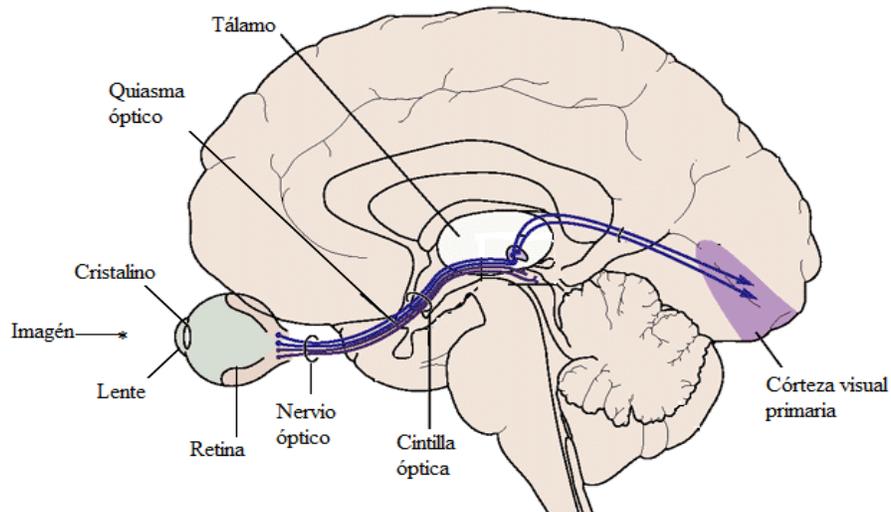
En este trabajo se abordará primeramente el procesamiento cerebral de las palabras, se describirán los PREs y algunos estudios que han abordado el reconocimiento de errores ortográficos utilizando los PREs. Finalmente se dará paso a la descripción de la tarea experimental y a la descripción de los principales hallazgos obtenidos en esta investigación.

# I Procesamiento Visual de Palabras

**E**l objetivo del estudio de los procesos involucrados en el reconocimiento visual de palabras es comprender como se reconocen las palabras durante la lectura, como se adquiere este reconocimiento y las alteraciones que se presentan en dicho proceso, alteraciones que pueden ser originadas durante el desarrollo o por lesiones cerebrales. El estudio del reconocimiento visual de las palabras permite al mismo tiempo explorar habilidades cognitivas concernientes al aprendizaje, la percepción y la memoria (Seidenberg & McClelland, 1989).

A continuación se describe el curso que siguen los estímulos visuales para su percepción en el sistema visual. Antes de que cualquier estímulo alcance la corteza cerebral debe ser procesado por varios grupos de células que se encuentran organizadas. Todo estímulo visual llega a la córnea y al cristalino del ojo, el cual enfoca la imagen hacia la retina, donde se encuentran las células especializadas en la transducción o conversión de la energía electromagnética en energía eléctrica, esta energía eléctrica se dirige hacia células bipolares y hacia las células ganglionares donde se origina el potencial de acción (Ramírez, 2006; Tessier-Lavigne, 2000), los axones de las células ganglionares, que forman el nervio óptico, en su mayoría se dirigen al núcleo geniculado lateral del tálamo y de ahí a la corteza visual primaria o corteza estriada (área 17 de Brodmann). Un pequeño porcentaje de axones de las células ganglionares se dirigen hacia el colículo superior, ésta estructura está relacionada con el procesamiento del movimiento sacádico de los ojos y con la constricción de la pupila (véase figura 1) (Tessier-Lavigne, 2000, ver Figura 1).

Una vez que los impulsos nerviosos han alcanzado la corteza visual primaria se dirigen a la corteza visual secundaria (áreas 18 y 19 de Brodmann) y posteriormente a áreas de la corteza cerebral relacionadas con en el reconocimiento de palabras (Salmelin, Helenius, Service, 2000) (véase figura 1).



**Figura 1.** *Procesamiento visual de las imágenes (Modificado de Tessier-Lavigne, 2000).*

Los estudios con Imagen por Resonancia Magnética Funcional permiten conocer las áreas cerebrales que se activan durante el procesamiento visual de palabras, de esta forma se han descrito algunas áreas cerebrales involucradas con el procesamiento visual de las palabras como: el giro inferior occipito-temporal izquierdo y el giro fusiforme izquierdo, ubicado entre los límites de los lóbulos occipitales, parietales y temporales (Salmelin, Helenius, Service, 2000), en cambio el procesamiento semántico de una palabra involucra en gran medida la participación del giro angular del hemisferio temporal izquierdo (área de Brodman 22)(Rámirez, 2006).

Continuando con los estudios de imagen ante el procesamiento de las palabras cabe aclarar que cuando se habla de un área de activación específica del cerebro esto indica que esta región presentó mayor activación que otras regiones cerebrales en comparación con una condición de control (Zeffiro & Eden, 2000).

Algunos autores describen una área cerebral específica relacionada con el reconocimiento de las palabras, esta área es llamada el centro de Dejerine, y está

localizado en el área 39 de Brodmann (Branch, 2003). Cohen y colaboradores (2003), apoyan la idea de que el giro occipito-temporal izquierdo sea un área específica para el reconocimiento de la forma visual de la palabra (*Visual Word Form Area*), la cual está encargada de la decodificación de la forma visual de las palabras (véase también Cohen, Henry, Stanislas & Martinaud, 2004). El reconocimiento de la palabra por su forma estaría precedido por el análisis de las características físicas generales como su curvatura, segmentos altos y segmentos bajos, posteriormente tendría lugar el análisis del tipo de letra y su tamaño (Grossi & Coch, 2005).

Sin embargo, hay otros autores que argumentan que no existe un centro cerebral específico para el procesamiento visual de palabras ya que se ha observado una activación en esa misma área ante otro tipo de estímulos, no sólo palabras (Price & Devlin, 2003).

Las áreas cerebrales que se activarán durante el procesamiento visual de palabras dependerán de la tarea que se deba realizar, ya que una palabra puede ser analizada a partir de sus características visuales (gráficas), de la secuencia de sus sonidos o fonología, de su morfología, de su significado y a partir de su pertenencia a una categoría gramatical (Grossi & Coch, 2005).

Se ha encontrado que las áreas de activación cerebral involucradas en el reconocimiento visual de palabras son distintas cuando se trata de un verbo, de un sustantivo o de un adjetivo. Los sustantivos producen una mayor activación del hemisferio izquierdo, mientras que los adjetivos y verbos producen una activación similar en ambos hemisferios (Pulvermüller, Assadollahi & Elbert, 2001). También se han reportado diferencias en la activación cerebral con base en el significado de los verbos; si se trata de una acción realizada con los pies o de una acción realizada con las manos; los verbos relacionados con acciones que se realizan con los pies producen una mayor activación fronto-parietal en comparación con los

verbos relacionados con acciones que se realizan con las manos (Hauk, & Pulvermüller, 2004).

De igual forma algunos estudios han mostrado diferente actividad cerebral en personas alfabetizadas y no alfabetizadas ante la presentación visual de palabras. En personas alfabetizadas existe una mayor activación del hemisferio izquierdo, en particular del lóbulo parietal izquierdo (Castro-Caldas & Reis, 2003).

Como se ha descrito con anterioridad las áreas cerebrales involucradas en el procesamiento visual de las palabras varían en dependencia de la categoría gramatical de la palabra, la tarea a realizar, si se trata de personas alfabetizadas o no alfabetizadas entre otras variables; ahora se describen algunas variables que afectan la velocidad de procesamiento de las palabras.

La velocidad de procesamiento de las palabras es afectada por la alta o baja frecuencia de las mismas. Las palabras de alta frecuencia tienen tiempos de reconocimiento menores (Ramírez, 2006). Algunos estudios también han demostrado que palabras cortas se leen más rápido que palabras largas, y las palabras se leen más rápido que las no-palabras o las pseudopalabras (la diferencia entre una palabra, una pseudopalabra y una no-palabra radicaría en que la palabra tiene características ortográficas, fonológicas y semánticas, mientras que la pseudopalabra sólo contiene características ortográficas y fonológicas y la no-palabra sólo contiene características ortográficas, es decir, contiene una secuencia de letras que no es posible leer); aunque los estudios de imagen no muestran diferencias en la activación de estructuras cerebrales ante estos tipos de estímulos (véase Simon, Petit, Bernard & Rebaï, 2007). Algunos autores (Bookheimer, Zeffiro, Blaxton, Gaillard, & Theodore, 1995) no han encontrado diferencias en la actividad cerebral ante la presentación de palabras y de pseudopalabras, pero otros autores (Herbster, Mintum, Nebes, & Becker, 1997) sí han reportado diferencias, entre ellas podemos mencionar mayor activación en el

giro fusiforme izquierdo ante palabras y una mayor activación en la corteza frontal inferior izquierda ante seudopalabras.

Otra de las variables que afectan el tiempo de reconocimiento de las palabras es la familiaridad (Alija & Cuetos, 2006). La familiaridad de una palabra está determinada por el medio en el que se desenvuelve una persona, por ejemplo, los estudiantes de psicología se encuentran familiarizados con palabras como autismo y dislexia, mientras que los estudiantes de química se encuentran más familiarizados con palabras como polímero y enzima. A mayor familiaridad con las palabras es menor el tiempo de procesamiento de las mismas. Otros estudios han mostrado que la lectura de palabras es más lenta cuando se alternan “*MaYúScUIAs y mInÚsCuLaS*” (Cuetos, 1993).

Un estudio de Alija y Cuetos (2006) muestra que tanto la frecuencia como la edad de aprendizaje de las palabras produce efectos en los tiempos de reconocimiento de las mismas, mientras que la imaginabilidad (facilidad con la que la palabra se puede imaginar) no produce efectos. Otros estudios (Castro-Salas, 2008) sí señalan diferencias en los tiempos de reacción con respecto a la imaginabilidad de las palabras; palabras de alta imaginabilidad se procesan más rápido que palabras de baja imaginabilidad. La velocidad de reconocimiento de las palabras varía también en dependencia de las habilidades del lector, el tipo de texto y que tan cuidadosamente se esté leyendo (Seidenberg & McClelland, 1989).

El estudio del procesamiento visual de palabras y el conocimiento de las distintas variables que afectan su reconocimiento, así como, los distintos tipos de análisis que se pueden realizar a las mismas (p. ej. análisis fonológico, ortográfico y semántico) han permitido formular *modelos de lectura* en el que es se involucran de manera distinta tanto el procesamiento visual como el procesamiento fonológico.

Ans, Carbonnel y Valdois (1998), sugieren un modelo de lectura de palabras en voz alta. Ésta se puede realizar de dos formas diferentes: a) *Global* y b) *Analítica*. En la lectura *global* se genera en un solo paso la salida fonológica de la palabra, que emerge de distintos trazos almacenados en memoria. La lectura *analítica* opera cuando la lectura global ha fallado, en ésta la ventana de atención visual se reduce y se centra en el análisis segmentado del estímulo, se analiza el estímulo secuencialmente de izquierda a derecha generando una salida fonológica para los distintos segmentos del estímulo. En este modelo cada nueva palabra que es aprendida genera el trazo en memoria tanto de la forma visual global (ortográfica) como de la secuencia fonológica. El trazo en memoria de una palabra permitirá la lectura de la misma de forma global. Según este modelo, alteraciones en el procesamiento fonológico o visual generan dificultades en la lectura de palabras. Los autores señalan que un déficit en el procesamiento fonológico afectaría la lectura de seudopalabras y de palabras irregulares, mientras que un déficit en el procesamiento visual generaría dificultades en el almacenamiento de formas ortográficas.

### ***Modelo de doble ruta del Procesamiento Visual de Palabras***

Se han hecho esfuerzos por explicar el procesamiento cerebral de las palabras a partir de algunos modelos computacionales los cuales presentan algunas ventajas. De acuerdo con Barber y Kutas (2007), tienen la ventaja de ser explícitos en el sentido de que deben tener especificaciones consistentes de manera que diferentes partes de un modelo no generen conflictos internos o produzcan salidas contradictorias, adicionalmente proveen una herramienta para probar las diferentes teorías del procesamiento visual de palabras en términos de representaciones internas, mecanismos y ejecución, finalmente los programas computacionales pueden ser “lesionados” para simular alteraciones que se asemejen a aquellas consecuentes a un daño cerebral en humanos. El modelo computacional más representativo es el modelo de la doble ruta que se describe a continuación.

El modelo computacional llamado Modelo en Cascada de la Doble Ruta de Coltheart presentado en 1993 (véase Coltheart, 2004; Coltheart 2006) asume dos rutas distintas de procesamiento de palabras: una lexical o puramente ortográfica y otra no lexical o fonológica.

La vía lexical consiste en el reconocimiento de las palabras por su forma, las palabras son identificadas como una unidad, posteriormente se accede al significado y finalmente se produce la fonología o lectura en voz alta de la palabra. La ruta no-lexical se activa ante palabras poco conocidas o de baja frecuencia, en esta vía la palabra es convertida a unidades fonológicas, mediante estrategias de segmentación previamente aprendidas a través de la correspondencia entre grafemas y fonemas; en caso de que la palabra sea conocida se accede al significado, en el caso contrario sólo se produce la salida fonológica o lectura en voz alta de las palabras y no-palabras (véase también Proverbio, Vecchi & Zanni, 2004).

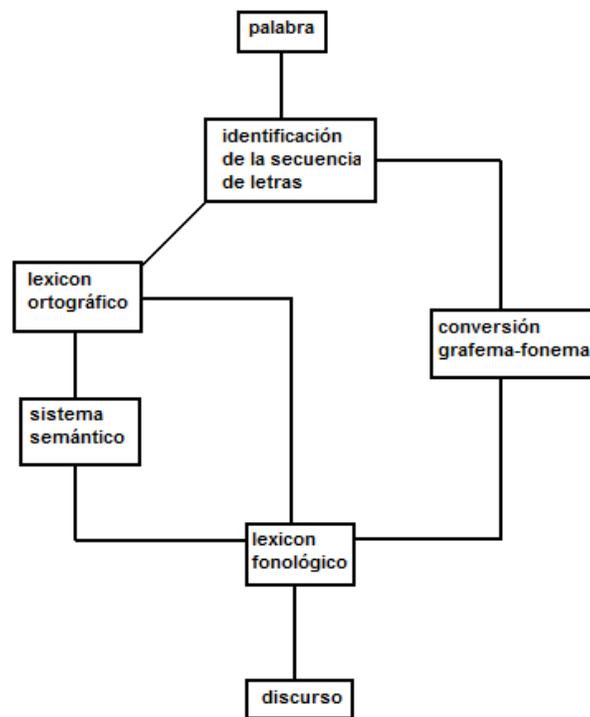
La existencia de dos rutas es evidente en niños que están aprendiendo a leer. Los niños cuya lengua es considerada de ortografía transparente comienzan a leer a partir de la ruta no-lexical y posteriormente a través de la vía lexical. Se ha mostrado también que en lectores expertos el uso de una de las dos vías depende de la regularidad de la palabra, palabras irregulares se leen mediante la vía no-lexical. La lectura de una palabra mediante la vía lexical es más rápida que mediante la ruta no-lexical.

El modelo Coltheart incluye tres subunidades, en cada una de ellas se almacenan distintas características de las palabras: su ortografía, su fonología y su significado. En el lexicón fonológico se almacenan la fonología de las palabras que una persona conoce, en el lexicón ortográfico se almacena la secuencia de letras que contiene la palabra y en el lexicón semántico se almacena el significado de la palabra. La existencia de estas tres subunidades tiene su fundamento en los hallazgos encontrados en pacientes con lesión cerebral, quienes reportan alteraciones en al menos una de estas tres subunidades; por ejemplo los

pacientes con demencia tienen dificultades en el conocimiento acerca del significado de las palabras pero no presentan ninguna dificultad en el conocimiento de la ortografía o de la fonología (Blazely, Coltheart & Casey 2005).

Este modelo indica que la lectura en voz alta consiste en la transformación de códigos impresos en discurso hablado mientras que la comprensión durante la lectura consiste en la decodificación de los estímulos impresos para otorgarle a cada uno de ellos un significado.

El modelo ha tenido éxito en simular importantes fenómenos conductuales como la pronunciación, la decisión lexical o las características de la dislexia superficial y fonológica, a través de lesión (apagado de parámetros de activación) de las rutas lexical y no-lexical, respectivamente.



**Figura 2.** Vía lexical y vía fonológica (Modificado de Coltheart, 2006).

Barber y Kutas (2007), señalan que entre las limitaciones de los modelos computacionales están las dificultades para reproducir algunas de las características anatómicas del cerebro. Cada hemisferio ha sido asociado de manera distinta con las diversas funciones cognitivas por ejemplo, se considera que el hemisferio izquierdo está más involucrado en el procesamiento del lenguaje, mientras que el hemisferio derecho tiene una menor participación en esta función cognitiva. Se sabe también que la presentación de una palabra en el hemicampo visual izquierdo se proyecta al hemisferio derecho, la presentación de la palabra en el hemicampo visual derecho se proyecta al hemisferio izquierdo, mientras que la presentación de la palabra en el campo visual central hacia la fovea se proyectara a ambos hemisferios (Lavidor, Hayes, Shillcock & Ellis, 2004; Whitney, 2001); el lugar de presentación de la palabra podría generar tiempos de respuesta distintos durante el procesamiento de las mismas.

Otra desventaja de los modelos computacionales es que tampoco toman en cuenta aspectos emocionales o motivacionales, ni las distintas etapas de desarrollo y maduración del sistema nervioso.

## II Ortografía

**E**l objetivo del lenguaje es permitir la comunicación con los otros. El estudio del lenguaje se puede describir a partir de cinco parámetros: fonología, semántica, sintaxis, morfología, y pragmática (véase Payuelo-Sanclemente; 2003). La fonología estudia los sonidos del lenguaje; la semántica estudia la naturaleza y el significado de las palabras; la sintaxis analiza la forma en que se combinan las palabras, establece las reglas que permiten estructurar una oración; la morfología estudia la estructura de las palabras, la pragmática estudia el lenguaje en función de la comunicación, se centra en el análisis de cómo producimos un significado intencional, sus elementos son la relación entre hablantes, discurso y contexto (Cabré, 2002; Reyes, 1994).

La gramática se ha concebido como un conjunto de reglas que regulan la forma de usar una palabra, supone no sólo conocer sus reglas de aplicación, sino también conocer mecanismos de fonética y semántica; una persona que ha aprendido una lengua ha adquirido este sistema de reglas (Reyes, 1994). Construir una frase en cualquier lengua implica conocer las palabras y sus combinaciones y conocer las condiciones de uso de esta frase en un contexto dado (Cabré, 2002). El dominio de reglas gramaticales, en particular el dominio de la ortografía, facilita la comunicación del lenguaje escrito, al eliminar ambigüedades semánticas, léxicas y sintácticas, de manera que el buen uso de las reglas gramaticales y de las convenciones ortográficas facilita la comprensión del lenguaje (Backhoff, Peon, Andrade, y Rivera, 2008).

La palabra ortografía deriva del griego “ortho” que significa correcto y “graphos” que quiere decir escribir. La ortografía establece las reglas para el uso adecuado de las letras y los signos de puntuación, de esta manera permite la cohesión y la unidad de la lengua (Backhoff, Peon, Andrade, y Rivera, 2008). La

ortografía es la forma de escribir respetando las convenciones de una lengua (Real Academia Española, 1999).

Las convenciones de la ortografía son arbitrarias y están determinadas por cómo escribe un segmento de la sociedad que tiene poder y prestigio y no porque las convenciones existentes sean correctas por naturaleza; de tal suerte que las calificaciones en pruebas de ortografía son un indicador de qué tanto la ortografía de un grupo social es consistente con las convenciones socialmente aceptadas (Backhoff, Peon, Andrade, y Rivera, 2008).

Estas convenciones varían de una lengua a otra en dependencia de si se trata de una lengua con ortografía opaca o de una lengua con ortografía transparente. Una lengua es considerada de ortografía transparente cuando se rige por una alta frecuencia de correspondencias biunívocas entre grafemas y fonemas, y entre fonemas y grafemas, la frecuencia de correspondencia grafema-fonema y fonema-grafema puede ser distinta en la misma lengua (Guiseppe, Gugliotta, Marshall, 1995; Matute y Leal-Carretero, 2003). Hablamos de correspondencia unívoca cuando un elemento de un conjunto se corresponde únicamente con un elemento de otro conjunto, por ejemplo un solo fonema con un sólo grafema. La correspondencia biunívoca es una correspondencia unívoca que incluye también el sentido inverso, donde un solo fonema se corresponde con un sólo grafema y a su vez un solo grafema se corresponde con un sólo fonema. Es decir: cada elemento del primer conjunto se corresponde con únicamente un elemento del segundo conjunto, y viceversa.

En el español, como una lengua con ortografía transparente la correspondencia entre grafemas y fonemas es alta. La gran mayoría de los grafemas sólo tienen una posible pronunciación (un ejemplo de excepción es el grafema X), lo que facilita sustancialmente la lectura; aunque, un fonema puede ser representados por diferentes grafemas en la escritura; sin embargo, las

posibilidades de elección son bajas. Las inconsistencias y dificultades se presentan en los siguientes fonemas /b/-/j/-/k/-/y/-/s/-/r/-/rr/.

En lenguas con ortografías opacas como el inglés no hay correspondencia biunívoca entre fonemas y grafemas; en este tipo de lenguas la representación ortográfica en la memoria de cada una de las palabras es muy importante para escribir correctamente (Cuetos, 1993).

Manso y Ballesteros (2003), propone la existencia de errores ortográficos en dependencia de la memoria visoespacial o la memoria fonológica. Los errores ortográficos que dependen de la memoria visoespacial son por la alteración en alguna de las secuencias de letras que componen a una palabra, mientras que los errores ortográficos relacionados con la memoria fonológica son por el uso incorrecto del acento gráfico.

Cervera-Mérida e Ygual-Fernández (2006), clasifican los errores en errores de ortografía natural o de ortografía arbitraria. Los primeros se refieren a la alteración del principio alfabético, es decir a adiciones, omisiones o cambios en una letra; éstos suponen un cambio en un fonema al pronunciar lo escrito; los segundos se refieren a cambios en las grafías que no alteran los fonemas, por ejemplo <v> y <b>, <z> y <s> etc.

### ***Aprendizaje de la Ortografía***

El aprendizaje de la ortografía está circunscrito al aprendizaje de la lectura y la escritura. Durante el aprendizaje de la lectura y la escritura una persona va aprendiendo patrones de ortografía atendiendo a los detalles de la secuencia de letras de las palabras y mediante el almacenamiento de estos patrones en un lexicón ortográfico o lexicón para las formas impresas de las palabras (Coltheart, 2004); así la memoria visual y la atención son determinantes en el aprendizaje de la ortografía (Bowers, 1993).

Para el aprendizaje de la lectura se requiere de la integración eficiente de diferentes sistemas: sensoriales, motores y de integración cognoscitiva de distintas funciones como el lenguaje, la memoria, la atención y las funciones ejecutivas (Berninger y Richards, 2002). Entre los sistemas sensoriales que se encuentran involucrados en el desarrollo de la lectura podemos mencionar los siguientes:

*La audición:* La audición facilita la lectura, en primera instancia, gracias a que permite la percepción del lenguaje oral. El procesamiento fonológico o conciencia fonológica asociada con el reconocimiento de sonidos que componen una lengua juega un papel central en el aprendizaje de la lectura (Harm & Seidenberg, 1999). Estudios realizados durante el aprendizaje de la lectura han señalado la importancia del procesamiento fonológico; desde muy temprana edad los niños comienzan a construir la representación fonológica de su lengua y pueden descomponer las palabras en elementos más pequeños sin significado. El conocimiento que tienen los niños de la estructura fonológica de su lengua puede predecir su capacidad lectora futura (véase Bradley & Bryant, 1983; Wagner & Torgesen, 1987).

Aprender a relacionar lo que se escucha con formas escritas es esencial en el aprendizaje de la lectura; se postula que el aprendizaje de la lectura en una lengua con ortografía transparente tendría lugar mediante la asociación de cada grafema con su fonema (Geva & Siegel, 2000).

La percepción de un estímulo auditivo produce activación de la corteza auditiva primaria (áreas 41 y 42 de Brodmann). Binder y colaboradores (2000), señalan que la activación de esta zona es mayor ante la presentación de palabras que ante cualquier otro estímulo auditivo. La audición de una palabra activa el giro medio temporal, el giro angular, el lóbulo frontal, la región existente entre los límites del lóbulo temporal y occipital, además del área de Broca (Binder, Frost, Hammeke & Cox, 1996; Corina, Richards, Serafini, Richards, Steury, Abbott, et al,

2001). Binder y colaboradores mencionan también que existe una mayor actividad cerebral en el giro temporal inferior posterior (áreas de Brodman 20 y 37) y giro angular (área de Brodman 39) ante palabras que ante pseudopalabras.

Deficiencias en el procesamiento fonológico, es decir en la capacidad para segmentar una palabra en unidades más pequeñas, podría estar relacionada con trastornos en el aprendizaje de la lectura; estas deficiencias podrían impedir la adecuada conexión entre las formas sonoras (fonemas) y las formas escritas (grafemas) generando dificultades en la lectura de las palabras (Manis, Seidenberg, Doi, McBride-Chang y Peterson, 1996; Valdois, Bosse & Tainturier; 2004; Wolf, Bowers, Biddle, 2000).

*El sistema visual:* la lectura requiere del adecuado funcionamiento del sistema visual. La contribución de la visión al aprendizaje de la ortografía está relacionada con el aprendizaje de patrones ortográficos de la palabra escrita, no sólo del reconocimiento de cada una de las letras sino también de la posición que ocupan en una palabra determinada (Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou & Stein, 1998). Para tener acceso a la representación ortográfica de una palabra se requiere haber visto la palabra muchas veces. Cuando a una persona con una experiencia lectora de varios años se le pregunta acerca de cómo escribir una palabra conocida y familiar; esta persona sabe cuál es la ortografía de esa palabra porque tiene la representación mental de la palabra almacenada en memoria; de lo contrario no podría saber si la palabra “huevo” se escribe de esta manera y no de esta “huebo” o de esta “uebo” (Cuetos, 1993).

De manera que, durante el desarrollo del proceso lector, la participación tanto del sistema visual como auditivo permiten la creación de un nuevo sistema que, como producto de la experiencia y la práctica repetida, se especializa en el reconocimiento de palabras, a través del establecimiento de asociaciones entre formas fonológicas y formas ortográficas que se automatizan con el tiempo.

## ***El estudio de la Ortografía en México***

Se tiene la percepción general de que las habilidades de expresión escrita de los estudiantes de nivel superior son deficientes, así como su ortografía, aunque el rendimiento en ortografía en México ha sido poco estudiado. Recientemente el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE, Backhoff, Peon, Andrade, y Rivera, 2008), publicó los resultados de un estudio que evaluó el conocimiento ortográfico en alumnos de educación básica: tercero y sexto de primaria y tercero de secundaria, con una muestra de 14 000 alumnos de los 32 estados de la República Mexicana. Los resultados de este estudio mostraron que los alumnos de tercero de primaria cometen alrededor de 31 errores por cada cien palabras que escriben, los de sexto de primaria alrededor de 18 y los de tercero de secundaria alrededor de 13. De todos los errores evaluados en esa investigación, el tipo de error más frecuente en tercero de secundaria fue el de acentuación (39.67%), el segundo y tercer tipos de errores más frecuentes fueron los de hiposegmentación (8.67%) e hipersegmentación (7.08%); sin embargo, puede observarse en el reporte del INEE que los errores originados por la transparencia grafemática, en particular aquellos relacionados con la omisión, adición o sustitución de letras que originan un pseudohomófono (palabra con la misma fonología que la real pero que no existe en la ortografía del español), de manera acumulada representan el segundo tipo de error más frecuente en los jóvenes de tercero de secundaria con un 17.88 % del total de errores cometidos por los estudiantes (véase Tabla 1). Adicionalmente, el 46.3% de los alumnos de tercero de secundaria comete, por lo menos un error de este tipo, estos errores estuvieron asociados en primer lugar con las grafías c-s-z, seguidos de los errores asociados con la h, b-v, y-ll, y por último g-j.

La evaluación de la ortografía en este estudio se realizó mediante la redacción libre de tres tipos de textos: narrativo, descriptivo y argumentativo. Los autores aceptan que una de las limitaciones de este tipo de evaluación es que los alumnos podían elegir su léxico para escribir sus textos y algunos de ellos podrían

haber elegido palabras con mayor dificultad ortográfica que otros. Señalan que, por el contrario, la evaluación de la ortografía mediante el dictado de un texto o dictado de palabras previamente seleccionadas tiene la ventaja de poder comparar la ortografía con base en un mismo conjunto de palabras, pero a su vez genera problemas por resolver tales como: ¿qué palabras se deberían elegir para construir los textos que se dictan? ¿Se debería incluir palabras de uso frecuente o poco frecuente? ¿Qué representatividad pueden tener esas palabras dentro del universo léxico de los educandos? ¿Cómo se controlaría la variación léxica propia de cada región?

**Tabla 1.** Porcentaje de errores ortográficos por tipo de error y modalidad educativa: 3° de secundaria. (Modificado de:, Backhoff, Peon, Andrade y Rivera, 2008).

<b>Tipo de error ortográfico</b>	<b>Total % (EE)</b>	<b>General % (EE)</b>	<b>Privada % (EE)</b>
c/s/z	6.52 (0.16)	6.30 (0.30)	4.89 (0.35)
b/v	4.63 (0.14)	4.36 (0.25)	2.54 (0.25)
y/ll	1.35 (0.08)	1.39 (0.15)	0.60 (0.13)
g/j	0.62 (0.05)	0.62 (0.08)	0.27 (0.07)
h	4.76 (0.13)	4.52 (0.24)	2.71 (0.23)
<b>Total errores homófonos</b>	<b>17.88</b>	<b>17.19</b>	<b>11.01</b>
Acentuación	39.67 (0.46)	40.37 (0.88)	52.09 (0.91)
Acento diacrítico	11.32 (0.26)	12.60 (0.51)	13.48 (0.54)

Argumentan que la metodología que usaron para evaluar la expresión escrita de los estudiantes y de ella los errores ortográficos, es auténtica ya que es aquella en la que los alumnos seleccionan su léxico propio para escribir los textos que se les solicitan, condición que va muy de acuerdo con la postura sociocultural de la adquisición y uso del lenguaje. Los autores concluyen que el tipo de texto influye en el número de errores ortográficos, específicamente en la omisión de acentos en el pretérito y futuro de los verbos; los cuales son más frecuentes cuando escriben textos narrativos que descriptivos, informativos o argumentativos.

El estudio del INEE permite conocer que un alto porcentaje de estudiantes de educación básica y media básica comenten al menos un error de tipo ortográfico que está asociado con la escritura de palabras individuales; este hecho incrementa la importancia del estudio del procesamiento de palabras individuales, para tratar de describir los mecanismos electrofisiológicos subyacentes al procesamiento ortográfico, así como las variables que están implicados en las diferencias entre sujetos con alto o bajo rendimiento en este tipo de procesamiento.

### III Potenciales Relacionados con Eventos

Los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) tienen una alta resolución temporal, del orden de los milisegundos(), que es la velocidad en la cual se realizan diversas tareas cognitivas como la lectura. Los PREs son combinados con los paradigmas psicológicos clásicos para tratar de estudiar los procesos neurales involucrados en: la evaluación de estímulos, la toma de decisiones, la memoria, la selección, la preparación y la ejecución de una respuesta, así como el procesamiento visual de palabras. El presente capítulo tiene la finalidad de describir las características generales de los Potenciales Relacionados con Eventos.

La actividad eléctrica del cerebro puede ser detectada desde el cuero cabelludo mediante el Electroencefalograma (EEG). La señal eléctrica que se genera en el cerebro tiene su origen en la actividad eléctrica generada por la constante actividad de las neuronas (De-Boer, Scott, Nelson; 2007).

Existen dos tipos de actividad eléctrica asociada con las neuronas: los potenciales de acción y los potenciales postsinápticos. Los potenciales de acción se generan en el cono axónico y terminan en el terminal axónico, son de voltaje discreto y se registran mediante la inserción de un microelectrodo. Los electrodos colocados en el cuero cabelludo no pueden detectar un potencial de acción debido a la organización de cada axón y a su corta duración temporal (Luck, 2005).

Los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo detectan en cambio los potenciales postsinápticos de varios grupos de neuronas que se activan sincrónicamente y que se encuentran organizadas; donde los árboles dendríticos de las neuronas se orientan hacia la misma dirección y sus axones parten del mismo origen (Lorente de Nó, 1947) en estructuras como la corteza cerebral. Los

potenciales postsinápticos tienen mayor duración, de 10 hasta cientos de milisegundos (Luck, 2005).

Por otra parte, la actividad constante de las neuronas que conforman el cerebro está relacionada con el procesamiento de acontecimientos originados en el entorno o en el propio sujeto. La actividad constante, que puede ser captada en cualquier momento y que aparentemente no tiene relación con acontecimientos específicos se denomina actividad cerebral espontánea. En contraparte, la actividad cerebral relacionada con cambios en la actividad eléctrica del sistema nervioso originados por eventos o estímulos puntuales constituyen los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) (Carretié; 2001).

Los PREs, son cambios en el voltaje del EEG asociados temporalmente con procesos sensoriales, cognitivos y/o motores (De-Boer, Scott, Nelson; 2007). Los componentes de los PREs pueden ser clasificados en dos tipos: exógenos y endógenos. Se consideran exógenos cuando muestran aspectos específicos de acontecimientos sensoriales y se relacionan exclusivamente con las características físicas del estímulo; éstos parecen originarse en las vías cerebrales que llevan la información aferente desde los órganos sensoriales hasta las cortezas primarias (Carretié, 2001; Luck, 2005). Los componentes son endógenos cuando sus características están determinadas por la naturaleza de la interacción entre determinados procesos psicológicos y las características del estímulo; estos componentes se originan una vez que los estímulos han alcanzado las cortezas primarias (Carretié, 2001; Luck, 2005).

Para la obtención de los componentes, ya sean endógenos o exógenos, se requiere ser analizados en varios ensayos experimentales y posteriormente promediados, tomando en cuenta el mismo intervalo de tiempo, para de esta manera eliminar la contribución de la actividad cerebral espontánea que no está relacionada con el procesamiento de interés. (De-Boer, Scott, Nelson; 2007).

Como norma general los componentes de menor amplitud son los exógenos, mientras que los de mayor amplitud son los endógenos. Los componentes exógenos requieren de varios cientos de ensayos para su promediación, es decir que el estímulo sensorial se presente cientos de veces, mientras que los endógenos solo requieren decenas de ensayos debido a su mayor amplitud (De-Boer, Scott, Nelson; 2007). Posteriormente en este capítulo se describirán los diferentes tipos de componentes endógenos.

Otras de las características de los PREs es que es una técnica no invasiva (De-Boer, Scott, Nelson; 2007), es decir, que no implica ningún riesgo para los participantes (Gumá & González, 2001).

Los PREs, tienen una buena resolución temporal, ya que informan acerca de cambios que ocurren en el cerebro en milésimas de segundo (McCarthy; 1999), y de esta manera pueden mostrar lo que está ocurriendo en el cerebro en el momento mismo que el estímulo se presenta (Chiappa, 1997).

Los PREs permiten determinar cuál estado de procesamiento está siendo influenciado mediante una manipulación experimental, además de que permiten comparar procesamientos de estímulos aun cuando no se tiene una respuesta explícita (Luck, 2005). De esta forma es posible conocer qué es lo que está sucediendo en el cerebro ante la presentación de diferentes estímulos sin contar con una respuesta explícita por parte de la persona.

El registro de los PREs puede ser de alta o baja densidad dependiendo del número de electrodos con los cuáles se hace el registro. Un montaje de electrodos que va de los 3 a los 32 electrodos se considera de baja densidad, mientras que un montaje mayor de 32 y hasta los 256 se considera de alta densidad (De-Boer, Scott, Nelson; 2007). La mayor ventaja de los sistemas de alta densidad está dada por el incremento de la localización del origen de la activada eléctrica y el aumento en la capacidad para detectar actividad eléctrica subcortical.

En la elección del uso de un sistema de alta o baja densidad se deben considerar los siguientes criterios:

- 1.- Cuáles son las hipótesis que están guiando el análisis (la importancia de la información espacial).
- 2.- Cuáles son los componentes de interés del estudio (su distribución en el cuero cabelludo).
- 3.- La variable dependiente para el análisis de datos (si se busca medir diferencias en amplitud de un sitio a otro de los electrodos o si se busca conocer el origen de la actividad eléctrica) (De-Boer, Scott, Nelson; 2007).

El incremento en el número de electrodos y una disminución entre las distancias de los electrodos da por resultado un incremento en la resolución espacial, es decir indican con mayor certeza el origen de la actividad eléctrica en el cerebro (De-Boer, Scott, Nelson; 2007).

## ***Componentes***

Un componente de PREs es la variación eléctrica estable en la señal, resultado de la promediación del mismo estímulo, en el mismo intervalo de tiempo (Carretié, 2001). El pico de un componente se define como la parte más alta o más baja de la variación eléctrica, observada en una onda (Garnsey, 1993).

Los componentes cambian de acuerdo con la modalidad sensorial y las características físicas del estímulo (Meneses, 2001).

Los componentes, ya sean endógenos o exógenos, suelen identificarse en función de su polaridad, su orden de aparición y su latencia. Por su polaridad, existen componentes positivos (P) o negativos (N); por el orden en que aparecen, el componente N1, que se refiere al primer pico negativo que se presentó, N2 al segundo pico negativo, N3 al tercer pico negativo y así sucesivamente (Chiappa, 1997; Garnsey, 1993); los componentes también pueden ser identificados por su

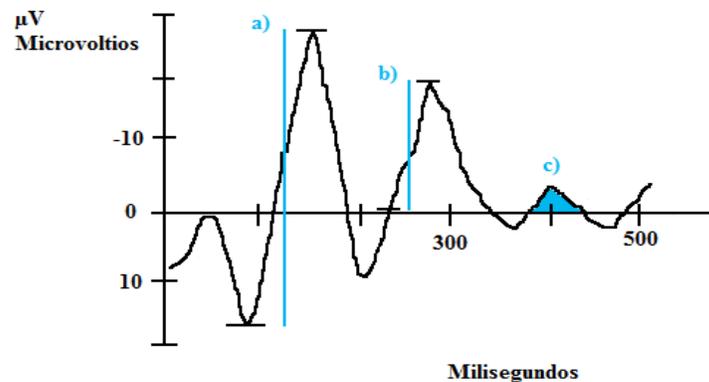
latencia (Carretié; 2001), la latencia de un componente es el tiempo en el cuál se presenta su máxima amplitud, la latencia se calcula a partir del momento en que se aplicó el estímulo y se registra la máxima amplitud del componente (Meneses, 2001).

Los componentes que aparecen en una latencia menor a los 30 milisegundos son componentes de corta latencia, los que aparecen entre los 30 y 75 milisegundos son de latencia media y los que aparecen posterior a los 75 milisegundos son de larga latencia (Chiappa, 1997).

La amplitud de los componentes se mide en microvoltios (una millonésima parte del volt). La amplitud de un componente puede ser medida:

- a) De pico a pico.
- b) De la línea base al pico.
- c) Por el área debajo del pico.

Algunos autores han argumentado que la mayor amplitud de un componente podría estar relacionada con una mayor sincronía de disparo de las neuronas o con un mayor reclutamiento neural (Hauk, Patterson, Woollams, Watling, Pulvermüller & Rogers, 2006).



**Figura 3.** Amplitud de componentes. a) De pico a pico, b) de la línea base al pico, c) área debajo del pico.

## ***Componentes Endógenos***

Los componentes endógenos se han asociado a los componentes tardíos. Estos componentes de los PREs (posteriores a los 75 milisegundos), se han asociado con distintos procesos perceptuales o cognitivos.

**N100:** Forma parte de la familia de negatividades (*N1*, *N2*). Fue descrito por Hillyard y colaboradores en 1973; la tarea empleada en la obtención de este componente fue una tarea de escucha dicótica, en la cual se les solicitó a los participantes prestar atención a los tonos presentados en un oído e ignorar los tonos que se presentaban en el oído contrario. Este componente negativo incrementa su amplitud ante los estímulos auditivos que son atendidos y disminuye ante los que son ignorados, su pico máximo se presenta entre los 80 y 100 milisegundos (Chiappa, 1997; Meneses, 2001; Fabiani, Gratton & Coles, 2000).

**N200:** Pertenece a la familia de negatividades (*N1*, *N2*). Se ha estudiado en el procesamiento de estímulos visuales, ante este tipo de estímulos su máxima amplitud se observa en áreas occipitales; mientras que ante estímulos auditivos su máxima amplitud se observa en áreas centrales y frontales. Se ha demostrado que la amplitud de este componente refleja la detección de alguna diferencia entre estímulos presentados de manera frecuente y la presentación de un estímulo infrecuente, pero que esta detección de diferencia entre estímulos está relacionada con la expectativa del sujeto (Fabiani, Gratton & Coles, 1990).

**N400:** Componente negativo que aparece ante una palabra inadecuada al final de una oración, es decir ante violaciones semánticas, por ejemplo, "La sopa está demasiado caliente para *llorar*". Este componente tiene su pico máximo alrededor de los 400 milisegundos posteriores a la aparición de la palabra incongruente y se presenta en áreas centro-parietales. Su latencia es afectada por el grado de incongruencia de la palabra; a mayor incongruencia mayor latencia. Su localización es centro parietal (Andreassi, 2000; Gumá & González, 2001).

**ERN** (*Error-Related Negativity*): Componente negativo que se observa cuando el sujeto comete un error en la realización de una tarea que demanda una respuesta motora. Su máxima amplitud se observa en áreas fronto-centrales alrededor de los 150 milisegundos después de dar una respuesta incorrecta (Fabiani, Gratton & Coles; 2000).

**Negatividad por diferencia** (Nd): Este componente negativo es obtenido en un paradigma de escucha dicótica, en el cual se presta atención a los estímulos presentados en un canal auditivo y se ignora a los estímulos del canal opuesto; la negatividad por diferencia es obtenida de la diferencia del potencial generado por los estímulos cuando son atendidos y del potencial generado por los mismos estímulos cuando son ignorados, el componente resultante de esta diferencia se denomina también negatividad de procesamiento. La amplitud del componente Nd refleja el grado de atención que se manifiesta entre los estímulos atendidos y los estímulos ignorados, se presenta en áreas fronto-centrales. La negatividad de este componente inicia alrededor de los 80 milisegundos y puede extenderse hasta cerca de 400 milisegundos (Gumá & González, 2001; Meneses, 2001).

**MMN** (*Mismatch Negativity*): La MMN es un componente negativo que ha sido estudiado en paradigmas de escucha auditiva pasiva, en la que sujeto no presta atención a los estímulos auditivos sino que realiza otra tarea. Se obtiene de diseños experimentales en los cuales se presentan dos estímulos auditivos uno de mayor frecuencia que otro y que difieren en alguna de sus características, por ejemplo se presenta un estímulo auditivo con un intervalo interestímulo (un estímulo por segundo p. ej.), una frecuencia (40 Hertz p.ej.), duración (50 milisegundos p. ej.) e intensidad (60 Decibeles p. ej.); de manera aleatoria se cambia el estímulo por otro que difiere en intensidad (100 Decibeles p. ej.). La MMN se obtiene de la diferencia del promedio de las ondas generadas ante el estímulo frecuente con respecto a las ondas generadas del estímulo infrecuente, la amplitud de la MMN es mayor cuando los estímulos auditivos difieren en más de

una característica. El pico máximo de este componente se presenta alrededor de los 100-200 milisegundos, proviene al menos de dos regiones, una se localiza en el plano supratemporal de la corteza auditiva y la otra se localiza en áreas corticales frontales o prefrontales. Este componente se ha registrado también durante las diferentes fases de sueño (Gúma & González, 2001; Meneses, 2001; Fabiani, Gratton & Coles, 1990).

**P100:** Este componente positivo, ha sido relacionado con los procesos sensoriales y los procesos perceptuales. Este componente es crucial en estudios de atención selectiva del campo visual y su amplitud es afectada por la expectativa y por la atención (Zani & Proverbio, 2003). Tiene su origen en la corteza visual estriada, aparece entre los 60 y 90 milisegundos posteriores a la presentación del estímulo, y tiene su pico máximo entre los 100 y 140 milisegundos (Chiappa, 1997; Luck, 2005). Debido a la corta latencia de este componente

**P200:** Componente positivo que sigue al componente N100. Este componente se presenta ante estímulos que contienen rostros (Vuilleumier, 2001). La latencia de este componente es afectada por las características físicas del estímulo y por su frecuencia. Se presenta en las zonas anterior y central del cuero cabelludo (Luck, 2005).

**P300:** También conocido como P3 clásico o P3b. Se ha obtenido de diseños experimentales que consisten en la presentación repetida de dos tipos de estímulos que difieren entre sí en alguna característica. Uno de los estímulos se presenta con mayor frecuencia (llamado estímulo estándar) y el segundo estímulo (llamado estímulo prueba) se presenta con menor frecuencia; ante el estímulo prueba el individuo debe dar una respuesta. La máxima amplitud de este componente se presenta en áreas posteriores (parietales). Diversas variables afectan la amplitud y latencia de este componente. La amplitud es afectada por la frecuencia del estímulo prueba, la latencia es afectada por la dificultad de la tarea y por la edad (Andreassi, 2000; Meneses 2001).

**P3 Frontal:** Este componente se ha obtenido en paradigmas oddball en el cual se presentan estímulos estándar y de manera aleatoria estímulos inesperados o raros, para los cuales no existe una huella previa en memoria. La P3 se obtiene ante la presencia de estos estímulos inesperados, se presentan en áreas frontales (Fabiani, Gratton & Coles, 1990).

**P600 (Syntactic Positive Shift):** Componente positivo de larga latencia que se presenta ante violaciones sintácticas, por ejemplo: cuando el sujeto no corresponde con las flexiones gramaticales de número y persona en el verbo (e.g. Rocío *corren* en el campo), ante incongruencias en el género en la oración (e.g. La exitosa mujer se felicitó a sí *mismo* durante la promoción), incongruencias gramaticales entre el artículo y el sujeto (e.g. El *niños* pateó la pelota) o ante incongruencias en el tiempo del verbo y complementos de tiempo (e.g. El gato no se comiendo el alimento en la terraza). La positividad de este componente empieza aproximadamente a los 500 milisegundos, alcanza su pico máximo alrededor de los 600 milisegundos y puede extenderse hasta los 900 milisegundos. La latencia del P600 es afectada por la gravedad de la violación sintáctica. Se presenta en áreas posteriores del cerebro (Federmeier, Kluender, Kutas, 2003; Hoen & Dominey, 2000; Kaan, Harris, Gibson & Holcomb, 2000; Kutas, Federmeier, Coulson, King & Münte, 1990).

**CNV (Contingent Negative Variation):** Onda negativa de larga latencia, el diseño experimental clásico mediante el cual se ha obtenido consiste en un primer estímulo (de aviso o preventivo), y posterior a este un segundo estímulo (estímulo imperativo) ante el cual se debe dar una respuesta. Este componente está relacionado con la actividad preparatoria para dar una respuesta o con la expectativa psicológica, que se puede observar en los límites temporales existentes entre el estímulo aviso y el estímulo imperativo. Su máxima amplitud se observa en el vértex y áreas frontales (Fabiani, Gratton & Coles; 2000; Gúma & González, 2001).

## IV PREs Ante el Procesamiento Visual de Palabras

**E**n este capítulo se describen los distintos hallazgos encontrados ante el procesamiento de palabras en comparación con el procesamiento de pseudopalabras y cadenas de símbolos, de la misma manera se describe el procesamiento ante oraciones con violaciones ortográficas, semánticas o sintácticas en tareas con grados variables de dificultad, en lenguas como el inglés, francés y alemán. Adicionalmente se describen los resultados de un trabajo del laboratorio de Neurofisiología Clínica del Instituto de Neurociencias en una tarea de reconocimiento de violaciones ortográficas en niños denominadores lentos.

El reconocimiento de una palabra escrita requiere de una serie de operaciones cognitivas, muchas de las cuales son reflejadas en los PREs desde el inicio de presentación de la palabra hasta incluso cientos de milisegundos después.

Diversas familias de componentes han sido asociadas con el procesamiento de palabras como la N200, N400 y P600. La N200 ha sido asociada con el procesamiento de palabras individuales (análisis de la secuencia de letras), mientras que la N400 y P600 han sido descritas con mayor frecuencia ante procesamiento semántico o sintáctico de oraciones.

El componente N170, se ha identificado principalmente en áreas occipito-temporales, con una mayor amplitud ante la presentación de palabras en comparación con pseudopalabras y símbolos (Brem y cols., 2004) y también en comparación con imágenes (Schendan, Ganis & Kutas, 1998). A diferencia de lo que se ha descrito de la N170 de reconocimiento de caras con una mayor amplitud derecha, la N170 generada ante palabras visuales presenta una lateralización izquierda y se ha señalado que refleja la especialización en el reconocimiento de palabras, dado que su amplitud aumenta ante palabras en comparación con

seudopalabras o cadenas de símbolos y disminuye cuando una palabra se presenta de manera repetida (Brem y cols., 2004; Maurer y cols., 2005).

Una de las diferencias en las características de palabras, seudopalabras y no-palabras estriba en el tipo de análisis que se puede realizar para cada uno de estos tres estímulos. Una palabra puede ser analizada desde su ortografía (presenta secuencias de letras), su fonología (puede ser leída) y su semántica (tiene un significado); las seudopalabras pueden ser analizadas desde su ortografía y su fonología pero no pueden ser analizadas desde lo semántico; por otra parte las no-palabras sólo pueden ser analizadas desde el componente ortográfico.

En un estudio que trato de comparar los PREs ante palabras y seudopalabras típicas y atípicas (la tipicidad fue descrita como un índice de la frecuencia e imaginabilidad de la palabra; las seudopalabras se construyeron a partir de las palabras; de esta manera las seudopalabras construidas a partir de palabras típicas se consideraron seudopalabras típicas y las seudopalabras construidas a partir de palabras atípicas se consideraron seudopalabras atípicas), los autores reportaron ondas más positivas alrededor de los 100 milisegundos para los estímulos atípicos que para los típicos en áreas posteriores y ondas más negativas alrededor de los 210 milisegundos para las seudopalabras que para las palabras (Hauk, Patterson, Woollams, Watling, Pulvermüller & Rogers, 2006).

En el estudio del procesamiento fonológico de las palabras, seudopalabras y no-palabras, Bentin y colaboradores (1999) reportan mayor amplitud para las palabras en el componente N320 lateralizado hacia la izquierda en áreas temporales, posiblemente originada por el procesamiento de aquellos estímulos que se reconocen fonológicamente en memoria; estudiando las características semánticas de las palabras para determinar si son abstractas o concretas, reportan mayor amplitud en el componente N450 ante seudopalabras con distribución fronto-central izquierda. Spironelli y Angrilli (2004) por su parte,

evaluaron el procesamiento fonológico y semántico de palabras concretas. Comparando los resultados en ambas tareas se reportó un N350 frontal lateralizado hacia la izquierda en la tarea fonológica, en cambio un N350 frontal bilateral para la tarea semántica; argumenta que la lateralización hacia la izquierda del N350 durante la tarea fonológica podría indicar que el hemisferio izquierdo en áreas posteriores se encuentra más involucrado en la realización de tareas fonológicas, mientras que ambos hemisferios en áreas anteriores del cerebro estarían involucrados en la realización de la tarea semántica.

Los estudios anteriores han evaluado el procesamiento ortográfico de las palabras de manera individual, otros lo han evaluado con la presentación de un contexto, como a continuación se describe. Münte, Heinze, Matzke, Weiringa & Johannes (1998), evaluaron el efecto de la presentación de violaciones semánticas, sintácticas y ortográficas en oraciones. Los autores reportaron un N400 de mayor amplitud en áreas centroparietales para la violación semántica, una positividad que inicia alrededor de los 250 milisegundos y que termina posterior a los 600 milisegundos en áreas frontocentrales para la violación ortográfica y una positividad de menor amplitud para la violación sintáctica en comparación con la violación ortográfica; se concluye que la positividad tardía se presenta no sólo ante incongruencias sintácticas, sino también ortográficas.

Existen pocos trabajos que estudien la ortografía de las palabras en el sentido más amplio, es decir, que enfoquen su estudio en las alteraciones en el patrón de letras que no altera la fonología de la palabras o lo que coloquialmente se llama "*errores ortográficos*", por ejemplo: Sauseng, Bergmann y Wimmer (2004) evaluaron precisamente el procesamiento ortográfico de sustantivos en alemán alterando la secuencia de letras sin alterar su fonología (por ejemplo cambiar "physics" por "fysiks"), reportaron una menor negatividad alrededor de los 160 milisegundos para los sustantivos modificados en áreas occipitales, según los autores esta menor negatividad se debe a la falta de concordancia del estímulo modificado con un estímulo previamente almacenado en memoria, lo que podría

sugerir que la memoria visual de la palabra influye en el procesamiento de estímulos que contienen letras. Del mismo modo reportaron un componente P300 de mayor amplitud ante los sustantivos sin modificación en regiones parieto-occipitales y reportaron además una mayor negatividad ante sustantivos modificados posterior a los 400 milisegundos en áreas centro-parietales.

Vissers, Chwilla y Kolk (2006) también evaluaron la violación ortográfica de una palabra, pero en este caso en el contexto de una oración, el cambio de la palabra consistió en sustituir una o dos letras de la misma sin alterar su fonología por ejemplo cambiar “books” por “bouks”, los participantes sólo debían leer las oraciones; los autores reportaron un P600 en áreas centro-parietales sólo ante violaciones ortográficas de palabras altamente esperadas en una oración, mientras que las palabras no esperadas en una oración generaron un N400; los autores concluyeron que la generación del P600 está relacionada con la reevaluación de la incongruencia ortográfica, pero sólo cuando la palabra que contiene el error es altamente esperada.

El único estudio sobre el procesamiento ortográfico del español, hasta donde conocemos, se realizó en el laboratorio de Neurofisiología Clínica del Instituto de Neurociencias (Vega-Gutiérrez, 2007), se comparó el rendimiento entre niños denominadores lentos y denominadores promedio en el reconocimiento de violaciones ortográficas y violaciones semánticas, se estudió a niños con estas características debido a que se ha asociado a la lenta velocidad de denominación con dificultades en el aprendizaje de la lectura y dificultades ortográficas (Gómez-Velázquez, 2010). Las condiciones experimentales consistieron en la presentación una imagen seguida de una palabra que podría ser congruente o incongruente con la imagen previa, la incongruencia podría ser ortográfica (se cambiaba una letra sin alterar la fonología de la palabra) o de tipo semántico (se presentó una palabra que designaba a un ejemplar de diferente categoría semántica). Los denominadores lentos mostraron un significativo peor reconocimiento de las violaciones ortográficas y una mayor amplitud general en

los componentes de los PREs, el análisis entre condiciones mostró una mayor negatividad alrededor de los 380 milisegundos en la incongruencia semántica respecto a la ortográfica sólo en los denominadores promedio, seguida de una mayor positividad alrededor de los 460 milisegundos ante la incongruencia ortográfica en comparación con la semántica. Se concluye que los niños denominadores promedio procesan de manera distinta una incongruencia ortográfica que una semántica, mientras que los niños denominadores lentos presentaron componentes similares ante las dos condiciones de incongruencia. El menor rendimiento de los niños denominadores lentos para la detección de violaciones ortográficas corrobora lo señalado en la literatura (Manis, Seidenberg, & Doi, 1999; Wolf y Bowers, 1999; Cutting & Denkla, 2001) de que la lenta velocidad de denominación está asociada con dificultades para el procesamiento ortográfico.

**Tabla 2.** Diferentes estudios del procesamiento ortográfico de palabras con detalle del tipo de tarea y estímulos empleados, además de los principales resultados encontrados.

Autor	Estímulos	Tarea	Resultados
Brem y cols (2004) Aleman	Palabras, seudopalabras y cadenas de símbolos ( $\Delta \square \circ$ ).	Identificar el estímulo que se repitiera.	Mayor amplitud en N1 ante palabras en la primera presentación en áreas occipito-temporales.
Maurer y cols (2005) Inglés	Palabras, seudopalabras y símbolos.	Detectar la repetición de un estímulo	N170 de mayor amplitud para palabras en el hemisferio izquierdo en áreas occipito-temporales, no se encontraron estas diferencias en el hemisferio derecho
Sauseng y cols (2004) Aleman	Sustantivos, sustantivos modificando secuencia de letras y sustantivos modificando mayúsculas y minúsculas.	Lectura en silencio	N160 de mayor amplitud para los sustantivos sin modificación en áreas occipitales, P300 de mayor amplitud ante sustantivos sin modificación y mayor negatividad alrededor de los 400 ms, para los sustantivos con modificación de letras en áreas parietales.
Hauk y cols (2006) Inglés	Palabras y seudopalabras homófonas, típicas y atípicas.	Discriminar entre palabras y seudopalabras	Mayor positividad alrededor de los 100 ms para los estímulos atípicos. Seudopalabras mayor negatividad alrededor de los 210 ms
Bentin y cols (1999) Francés	Palabras, seudopalabras, no palabras y símbolos y formas.	a) Discriminar tamaño, b) discriminar rima, c) discriminar entre concreto y abstracto.	a) N170 de mayor amplitud ante palabras en el hemisferio izquierdo. b) N320 de mayor amplitud ante palabras en el hemisferio izquierdo. c) N450 de mayor amplitud ante seudopalabras en áreas fronto-centrales.
Münste y cols (1998) Aleman	Oraciones con violaciones semánticas, sintácticas y ortográficas.	Leer en silencio las oraciones	N400 de mayor amplitud para violaciones semánticas en áreas centroparietales mientras que las violaciones ortográficas y sintácticas generaron P600 en áreas fronto centrales.
Vissers (2006) Aleman	Oraciones con palabras altamente esperadas o inesperadas para la oración, que podrían contener un error ortográfico (seudohomófono)	Leer oraciones	N400 de mayor amplitud ante palabras y seudohomófonos incongruentes, P600 de mayor amplitud ante seudohomófonos de palabras altamente esperadas.
Spironelli y Angrilli (2004). Italiano.	Palabras concretas	Detectar mayúsculas y minúsculas, detectar rimas y detectar la pertenencia de palabras a campos semánticos	N150 asociada con el reconocimiento ortográfico en áreas izquierdas posteriores; N350 en áreas frontales izquierdas durante la tarea fonológica y N350 bilateral áreas frontales.
Laboratorio Neurofisiológico a clínica (2007). Español	Violaciones ortográficas y semánticas entre imágenes y palabras.	Detectar incongruencia ortográfica o semántica.	Mayor negatividad alrededor de los 380 ms ante la incongruencia semántica en niños denominadores promedio. Mayor positividad alrededor de los 460 ms ante incongruencia ortográfica también en niños promedio.

De manera consistente, los diferentes estudios muestran mayor amplitud para el N170 ante palabras que ante otro tipo de estímulo en áreas occipitales y temporales (Bentin y cols, 1999; Brem y cols, 2004; Schendan, Ganis & Kutas, 1998). La mayor amplitud del componente N170 ante la presencia de estímulos visuales ha sido relacionada con mayor atención a determinado tipo de estímulos, lo que podría facilitar el procesamiento posterior (Mangun & Hillyard, 1990). En estos estudios se estaría facilitando el procesamiento de las palabras sobre las imágenes, cadenas de símbolos y formas.

Entre palabras de alta y baja frecuencia la amplitud del N170 es mayor para palabras de baja frecuencia (Hauk, Patterson, Woollams, Watling, Pulvermüller & Rogers, 2006; Proverbio, Vecchi, y Zani, 2004), en este caso se estaría prestando mayor atención y facilitando el procesamiento de palabras de baja frecuencia sobre palabras de alta frecuencia, tal vez porque las primeras resultan más complejas para el individuo.

Un componente más temprano, sobre el que también se han reportado cambios ante el procesamiento de palabras es el P150, la mayor amplitud de este componente también se han asociado al reclutamiento de recursos atentos que pudieran facilitar el procesamiento de los estímulos, Brem y cols, (2004) reportaron mayor amplitud en el P150 ante palabras que ante imágenes y seudopalabras. Hauk y cols (2006) reportaron mayor amplitud para el P1 ante palabras y seudopalabras atípicas (relacionada con la baja frecuencia del estímulo) en comparación con palabras y seudopalabras típicas (relacionada con la alta frecuencia del estímulo) en áreas posteriores, en estos reportes encontramos un efecto similar al mencionado para palabras de baja frecuencia.

## Planteamiento del Problema

**E**l uso adecuado de las convenciones ortográficas mejora la comunicación escrita. Existe la percepción de que los estudiantes mexicanos presentan importantes problemas con la escritura ortográficamente correcta de las palabras.

Una de las principales aproximaciones al estudio de la ortografía ha sido a través de paradigmas de reconocimiento visual de palabras individuales mediante los componentes de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs), los cuales han permitido aproximarse al curso temporal en el que transcurre dicho reconocimiento y a los factores que influyen en él, como el tipo de palabra (sustantivo, verbo, adjetivo, etc.), la categoría semántica, la frecuencia, la longitud, la imaginabilidad y la edad de adquisición, entre otros.

Se ha evaluado el componente ortográfico de sustantivos en alemán alterando la secuencia de letras sin alterar su fonología, reportándose una mayor negatividad posterior a los 400 milisegundos en áreas centro-parietales ante sustantivos modificados y una P600 en áreas centro-parietales ante violaciones ortográficas de palabras altamente esperadas en una oración.

En español, existen pocas investigaciones sobre los PREs y el procesamiento visual de palabras, en particular sobre el reconocimiento de errores ortográficos. Un estudio reciente demostró que existen diferencias conductuales y electrocerebrales entre niños denominadores promedio y denominadores lentos ante la detección de violaciones ortográficas (sustituyendo un sólo grafema) en palabras individuales.

Sin embargo, no existen datos en nuestra lengua sobre los sustratos electrofisiológicos del procesamiento de estas violaciones ortográficas en jóvenes en quienes se asume una lectura experta, ni sobre las posibles diferencias entre

sujetos que presentan dificultades en la escritura ortográfica correcta de las palabras y sujetos sin estas dificultades.

De acuerdo a los antecedentes mencionados, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

**Preguntas de investigación:**

¿Cuáles son los principales componentes de los PREs y cuál es su distribución topográfica, ante la detección de violaciones ortográficas de palabras individuales precedidas de un contexto entre jóvenes con rendimiento promedio en tareas de ortografía?

¿Existen diferencias en la amplitud, latencia o distribución topográfica de los componentes de los PREs ante la detección de violaciones ortográficas de palabras individuales precedidas de un contexto entre jóvenes con alto y bajo rendimiento en tareas de ortografía?

¿La frecuencia de las palabras influye en el número de respuestas correctas, así como en el tiempo de reacción entre los grupos o entre las condiciones experimentales?

## **I. Objetivos**

**General:** Describir los componentes de los potenciales asociados con el reconocimiento de violaciones ortográficas de palabras individuales (seudohomófonos) precedidas de un contexto, en jóvenes con alto, promedio y bajo rendimiento en tareas de ortografía a través de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs).

### **Específicos:**

Describir cuáles son los principales cambios en los componentes de los PREs (amplitud, latencia o distribución topográfica) ante el reconocimiento de violaciones ortográficas (de palabras sustituyendo un sólo grafema) precedidas de un contexto visual en jóvenes con un rendimiento promedio en tareas de ortografía.

Determinar si existen diferencias electrofisiológicas en los componentes de los PREs (amplitud, latencia o distribución topográfica) ante el reconocimiento de violaciones ortográficas (sustituyendo un sólo grafema) de palabras precedidas de un contexto visual entre jóvenes con alto y bajo rendimiento en tareas de ortografía, respecto de los jóvenes con un rendimiento promedio.

Confirmar las diferencias esperadas en el rendimiento conductual, (respuestas correctas o tiempo de reacción), entre los participantes de los grupos Alto, Medio y Bajo, ante la ejecución de la tarea de reconocimiento de violaciones ortográficas con contexto visual.

Describir si la frecuencia de las palabras influye en el reconocimiento del error ortográfico entre condiciones y entre grupos.

## II. Hipótesis

Ante la detección de una violación ortográfica en palabras, existirá una mayor negatividad entre los 300 y 400 ms., seguida de una mayor positividad alrededor de los 600 milisegundos en comparación con la detección de palabras sin violación ortográfica en jóvenes con un rendimiento promedio en tareas de ortografía en regiones centrales.

Los componentes de los PREs ante palabras con violaciones ortográficas (sustituyendo un solo grafema) precedidas de un contexto visual serán diferentes en amplitud, latencia o distribución topográfica entre jóvenes con alto y bajo rendimiento en tareas de ortografía, respecto de jóvenes con un rendimiento promedio. Habrá menor amplitud del componente N170 en el grupo Bajo con respecto al Medio y Alto. Se espera mayor amplitud de la N400 y de la P600 en el grupo Alto con respecto al Bajo y Medio.

El grupo Bajo presentará un significativo peor rendimiento en la detección de violaciones ortográficas en comparación a los grupos Medio y Alto.

La frecuencia de las palabras influirá en el reconocimiento de violaciones ortográficas, los participantes obtendrán mayor porcentaje de respuestas correctas y menores tiempos de reacción ante palabras de alta frecuencia que ante palabras de baja frecuencia.

## Método

El presente estudio es cuasi-experimental, transversal y descriptivo.

### I. Sujetos

Para la selección de los estudiantes que participaron en el presente estudio se aplicaron 5 tareas que evalúan el conocimiento ortográfico a nivel de palabras a una muestra de 317 estudiantes de preparatoria de la zona metropolitana de Guadalajara. A partir de los resultados obtenidos en dicha evaluación se seleccionó a una muestra de estudiantes, la cual fue dividida en tres grupos (para conocer los instrumentos que se aplicaron para la selección de la muestra véase Anexo A y B, para conocer la forma en que se clasificó a los grupos de estudio véase el Anexo C):

1. **Alto rendimiento en ortografía:** 15 estudiantes con un número total de errores ortográficos en las cinco pruebas evaluadas  $\leq$  al percentil 15 de la muestra total.
2. **Rendimiento promedio en ortografía:** 15 estudiantes con un número total de errores ortográficos entre el percentil 30 y el 70 de la muestra total.
3. **Bajo rendimiento en ortografía:** 15 estudiantes con un número total de errores ortográficos  $\geq$  al percentil 85 de la muestra total.

### Criterios de inclusión:

- Tener entre 16 y 19 años de edad.
- Cursar el quinto o sexto semestre de preparatoria en una escuela de la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara.
- Tener manualidad diestra (Inventario de Manualidad de Edimburgo Revisado, Dragovic, 2004). No haber tomado medicamentos con efectos

sobre el Sistema Nervioso Central, en un periodo mínimo de 7 días previos al momento del registro electrofisiológico.

**Criterios de no inclusión:**

- Deficiencias visuales no corregidas.
- Antecedentes de trastornos funcionales u orgánicos del desarrollo, enfermedades neurológicas, psiquiátricas o neuroquirúrgicas (Anexo E).

**Criterios de exclusión:**

- Abandono voluntario del estudio.
- Registro de un EEG del que no sea posible obtener un número mínimo de ventanas sin artefactos para la promediación y obtención de los PREs.
- Obtener un CI estimado  $\leq$  a 90 puntos a partir de dos subpruebas del WAIS-III (Escala Wechsler de Inteligencia para adultos III, 2003): Vocabulario y Diseño con Cubos.

**II. Variables**

**Dependientes:**

A nivel conductual:

Respuestas correctas

Tiempo de reacción

A nivel electrofisiológico (PREs):

Latencia

Amplitud

Distribución topográfica

**Independientes:**

- Condición de la tarea experimental
  - Correcta
  - Incorrecta ortográfica
  - Incorrecta semántica

- Grupo
  - Alto rendimiento en tareas de ortografía
  - Rendimiento promedio en tareas de ortografía
  - Bajo rendimiento en tareas de ortografía

### III. Materiales

#### Instrumentos:

- Entrevista para detectar antecedentes, neurológicos, psiquiátricos o neuroquirúrgicos (Anexo E).
- Inventario de manualidad de Edimburgo revisado (Dragovic, 2004) (Anexo E).
- Versión corta de la Escala de inteligencia WAIS-III (*Wechsler, 2003*). (Subescalas de Vocabulario y Diseño con Cubos de Escala *Wechsler de Inteligencia para Adultos III*)
- Evaluación del Conocimiento ortográfico a nivel de palabras (Anexo C).

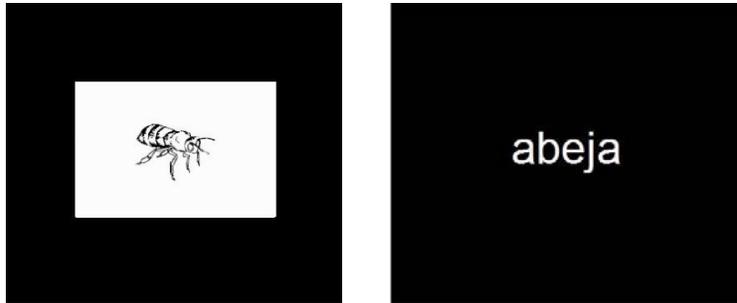
#### Tarea experimental.

##### **Reconocimiento de violaciones ortográficas con contexto visual:**

Se aplicó una versión modificada de la tarea empleada por Vega-Gutiérrez (2007).

La tarea consta de 216 pares de estímulos consistentes en una imagen y una palabra, dividida en tres condiciones experimentales con 72 pares de estímulos cada una (véase lista de estímulos en Anexo F):

1. **Correcta:** Consiste en la presentación de una imagen (animal, objeto o alimento) por un periodo de 1000 milisegundos, seguida de un intervalo interestímulo de 1000 milisegundos y posteriormente se presenta la palabra que denomina a la imagen, escrita correctamente, durante 1000 milisegundos (figura 4), seguida de un posintervalo de 1000 ms.



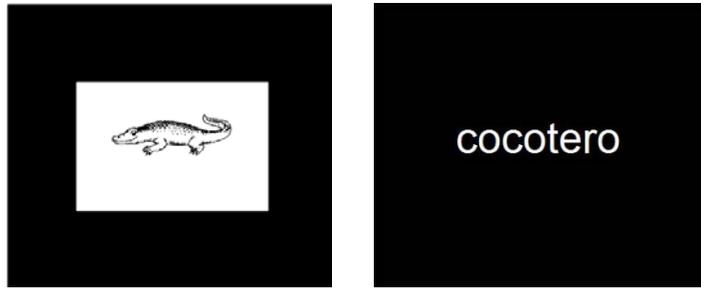
*Figura 4. Ejemplo de los estímulos empleados en la condición Correcta.*

2. **Incorrecta Ortográfica:** Consiste en la presentación de una imagen (animal, objeto o alimento) por 1000 milisegundos, seguida de un intervalo interestímulo de 1000 milisegundos y posteriormente se presenta la palabra que denomina a esta imagen durante 1000 milisegundos pero escrita con una violación ortográfica, (véase figura 5), seguida de un posintervalo de 1000 ms. Cada palabra presentada contiene sólo un error ortográfico.



*Figura 5. Ejemplo de los estímulos empleados en la condición de Incorrecta Ortográfica.*

3. **Incorrecta Semántica:** Consiste en la presentación de una imagen (animal, objeto o alimento) por 1000 milisegundos, seguida de un intervalo interestímulo de 1000 milisegundos y posteriormente se presenta una palabra que denomina a un ejemplar de otra categoría semántica durante 1000 ms, seguida de un posintervalo de 1000 ms.



*Figura 6. Ejemplo de los estímulos empleados en la condición de Incorrecta Semántica.*

## **Estímulos**

Las imágenes tenían un tamaño de 5.8cm por 8.3 cm, presentadas sobre fondo negro, las palabras se presentaron en caracteres blancos de fuente Arial de 40 puntos (1.3 cm sobre fondo negro). El tiempo total de que dispusieron los participantes para emitir una respuesta fue de 2000ms y la duración total de la tarea fue de aproximadamente 20 minutos.

Un porcentaje de las imágenes fueron diseñadas por el equipo de trabajo del Laboratorio de Neurofisiología Clínica y otro porcentaje fueron tomadas del estudio de Snodgrass y Vanderwart (1980). Todas las imágenes sólo pueden ser denominadas de una sola forma, es decir, no tienen sinónimos.

Todas las palabras son sustantivos concretos que se pueden representar gráficamente, tienen entre dos (51.3%), tres (42.1%) y cuatro (6.4%) sílabas. La frecuencia de las palabras fue controlada tratando de que en cada condición (correcta, incorrecta ortográfica e incorrecta semántica) existiera un número equivalente de palabras de alta frecuencia, de frecuencia media y de baja frecuencia (véase tabla 3).

El punto de corte para establecer, la alta, media o baja frecuencia de las palabras no está determinado y depende del tamaño del corpus que se utiliza para el análisis de las mismas, algunos autores (Fiebach et al, 2002) establecieron en su estudio a las palabras de baja frecuencia como aquellas que tuvieron una

frecuencia entre 0 y 1 (frecuencia relativa en palabras por millón) y a las palabras de alta frecuencia cómo aquellas que tuvieron una frecuencia relativa promedio de 149.7.

La frecuencia de las palabras en éste estudio se estableció a partir del análisis de 17 libros de texto (utilizando el software CONPAL, Zarabozo, registro pendiente): 6 de primaria, 5 de secundaria, 5 de preparatoria y un texto con entrevistas, los 17 textos tuvieron un total de 656, 251 palabras. El corte para establecer la alta, media o baja frecuencia de las palabras se estableció considerando la frecuencia relativa de las palabras por millón, se consideró como: palabras de baja frecuencia aquellas que tenían una frecuencia relativa  $\leq 9$ , palabras de frecuencia media aquellas que tenían una frecuencia relativa entre 10 y 49 y palabras de alta frecuencia aquellas que tenían una frecuencia relativa  $\geq 50$ .

**Tabla 3.** Número de palabras de alta, media y baja frecuencia por condición experimental.

Frecuencia	Correcta	Incorrecta Ortográfica	Incorrecta Semántica
Alta $\geq 50$	17	17	18
Media $\geq 10$ y $\leq 49$	25	26	24
Baja $\leq 9$	30	29	30

A las palabras pertenecientes a la condición de *Incorrecta Ortográfica* se les sustituyó un grafema por otro que comparte el mismo fonema generando un pseudohomófono, es decir, una palabra que presenta la misma fonología que la palabra esperada pero que contiene un error ortográfico: a) el porcentaje de palabras que presentan un error asociado con c-s-z es de 40% (29), b-v es de 22% (16), y-ll es de 16% (12), h es de 15% (11), g-j es de 6% (4). Este porcentaje se estableció a partir del análisis de la frecuencia de los grafemas en español (40 grafemas) (utilizando el software GRAFONEM, Zarabozo, registro pendiente), y a partir del porcentaje de error que comenten los estudiantes de tercero de secundaria según el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE, Backhoff, Peon, Andrade y Rivera, 2008) (véase tabla 4). Por último, se cuidó que

los errores introducidos en las palabras pudieran considerarse como plausibles, es decir, errores que los estudiantes pudieran cometer en su escritura, de manera que no se usaron errores como KASA, por considerar que es poco plausible que los estudiantes cometan un error de ese tipo por la baja frecuencia del grafema K, aún cuando puede considerarse un pseudohomófono.

**Tabla 4.** Porcentaje de errores asociados con cada grafema reportados por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE, Backhoff, Peon, Andrade y Rivera, 2008) y porcentaje de grafemas que comparten el mismo fonema, de acuerdo al análisis de 5 textos de secundaria, 5 de preparatoria y un texto con entrevistas; los cuales contenían un total de 1,653,373 grafemas (utilizando el Software: GRAFONEM, Zarabozo, registro pendiente).

Grafema	Fonema	Porcentaje en 1,653,373 grafemas	Porcentaje del total de grafemas homófonos	Porcentaje acumulado de grafemas homófonos	Porcentaje de errores homófonos en 3º. Sec. INEE	Porcentaje de errores homófonos en 3º. Secundaria INEE	Porcentaje aproximado utilizado para estímulos
C	/s/	1.575	11.6	<b>c-s-z 71.7</b>	6.52	<b>36</b>	<b>40</b>
S	/s/	7.773	57.2				
Z	/s/	0.395	2.9				
B	/b/	1.340	9.9	<b>b-v 16.8</b>	4.63	<b>26</b>	<b>25</b>
V	/b/	0.934	6.9				
G	/j/	0.256	1.9	<b>g-j 4.8</b>	0.62	<b>3</b>	<b>10</b>
J	/j/	0.396	2.9				
H	/ø/	0.472	3.5	<b>h 3.5</b>	4.76	<b>27</b>	<b>15</b>
Y	/y/	0.208	1.5	<b>y/ll 3.3</b>	1.35	<b>8</b>	<b>10</b>
LL	/y/	0.245	1.8				
TOTAL		13.594	100	<b>100</b>	17.88	<b>100</b>	<b>100</b>

Las palabras pertenecientes a la condición de *Incorrecta Semántica* son visualmente semejantes a las palabras esperadas, esta similitud está en su(s) primera(s) o última(s) sílaba(s); por ejemplo se presenta la imagen de un “cocodrilo” seguido de la palabra “cocotero”.

Los pares de estímulos se presentaron de manera semialeatorizada, utilizando el software de soporte *Mind Tracer 2.0*. La presentación de los estímulos

fue dividida en tres bloques para brindar un descanso a los participantes. Se colocó al participante cómodamente sentado en un sillón a una distancia de 60 cm de la pantalla. Los participantes tuvieron que presionar la tecla “control” con el índice derecho ante la detección de una palabra congruente con la imagen de contexto y presionar la tecla “0” con el índice izquierdo ante la detección de una palabra incongruente con la imagen de contexto, tanto ortográfica como semánticamente.

## **Registro EEG**

La tarea de Reconocimiento de violaciones ortográficas con contexto visual fue realizada de manera simultánea con el registro del Electroencefalograma en un equipo *Medicid 4.0*. Se realizó el registro digital en todas las derivaciones del SI 10/20, con referencia a mastoides cortocircuitadas y con filtros entre 0.5-30 Hz, con un periodo de muestreo de 5 milisegundos. Se seleccionaron ventanas de 1100 milisegundos (100 milisegundos previos a la presentación de la palabra estímulo).

Para la obtención de los PREs individuales se promediaron por separado las ventanas de respuestas correctas, previo rechazo de artefactos, de las diferentes condiciones de cada tarea en cada sujeto. Posteriormente se hizo la promediación de los PREs individuales para obtener los PREs grupales en cada condición experimental. A partir de la inspección visual de los PREs grupales se definieron los principales componentes obtenidos y las derivaciones en las que se observaron los principales cambios para hacer el análisis estadístico de amplitud y latencia.

## **Análisis Estadístico:**

Para el análisis estadístico tanto a nivel conductual como a nivel electrofisiológico se utilizaron los Software: Estadis versión 1.2.1 (Zarabozo, registro pendiente) y el SPSS versión 13 y para las comparaciones a posteriori se utilizó el software Cmult versión 1.

### **A nivel conductual.**

Se analizaron las respuestas correctas, incorrectas y no-respuestas, así como los tiempos de reacción.

Se realizó un Análisis de Varianza de parcelas divididas de dos factores: Grupo (Alto, Medio, Bajo) X Condición (Correcta, Incorrecta Ortográfica, Incorrecta Semántica). Este análisis se realizó tanto para respuestas correctas como para tiempos de reacción.

Se consideró un nivel de significación estadística de  $p < 0.05$ .

### **A nivel electrofisiológico.**

Los datos electrofisiológicos se analizaron para cinco componentes (P150, N170, P200, N400 y P600), usando el voltaje del pico máximo y su latencia.

Se realizó un análisis de Varianza de Parcelas Divididas (Kirk, 1995) con tres factores: Grupo (3) X Condición (3) X Derivación (para cada componente, se analizaron diferentes derivaciones en dependencia de la distribución de los principales cambios observados visualmente en los grandes promedio grupales), se consideraron ajustes de Greenhouse-Geisser a los grados de libertad para corrección de las pruebas estadísticas. Se realizaron análisis *a posteriori* (Tukey-Kramer) para obtener las tendencias de los cambios encontrados.

## Aspectos Éticos

En el presente proyecto se administraron 5 pruebas de lápiz y papel (anexo B), así como el registro de la actividad eléctrica cerebral ante dos tareas de reconocimiento ortográfico. Los métodos de registro electrofisiológico no son invasivos y no representan ningún riesgo para la integridad física de los participantes. No se administró ningún medicamento a los mismos y durante toda la ejecución del proyecto se siguieron los lineamientos de la Ley General de Salud del Gobierno Mexicano y los lineamientos de la Declaración de Helsinki como son: el respeto por el individuo (artículo 8), el uso de una carta de consentimiento informado (artículo 20,21 y 22) (Anexo D), el respeto del bienestar del sujeto (artículo 5), un investigador experto conduce y maneja la investigación (Artículo 15), uso protocolos sujetos a una revisión ética por un comité convocado (Artículo 13) y resguardo de la intimidad de la persona que participa en la investigación y la confidencialidad de su información personal (Artículo 10).

## Procedimiento

Evaluación del conocimiento ortográfico (5 tareas) de 300 jóvenes de 5° y 6° semestre de preparatoria.



Selección de:

- 15 estudiantes con rendimiento promedio en tareas de ortografía (corte porcentual entre el 30 y 70%, estudiantes que cometen de 10 a 21 errores)
- 15 Alto rendimiento (corte porcentual al 15% donde se ubican estudiantes que cometen de 2 a 7 errores)
- 15 Bajo rendimiento (corte porcentual igual o por arriba del 85%, estudiantes que cometen entre 31 y 76 errores)



Entrevista individual  
Cuestionario de antecedentes neurológicos  
Inventario de manualidad de Edimburgo (Anexo E)  
Escala Breve de Inteligencia WAIS III  
Registro de la actividad eléctrica cerebral, durante la realización de una tarea de reconocimiento ortográfico

# RESULTADOS

## Caracterización de la muestra

En este trabajo se estudiaron 3 grupos de 15 jóvenes entre 16 y 19 años de edad, diestros, quienes se encontraban estudiando el último año de bachillerato general en escuelas públicas o privadas (36 estudiantes de escuelas públicas y 9 estudiantes de escuelas privadas). Se asignó a los estudiantes a uno de tres grupos de acuerdo a su rendimiento en 5 tareas de conocimiento ortográfico (Alto rendimiento en ortografía, rendimiento Medio en ortografía y Bajo rendimiento en ortografía).

Una vez seleccionados para participar en la investigación los estudiantes fueron evaluados de manera individual en habilidades verbales, de integración visuoespacial y ejecución lectora, con el objetivo de caracterizar cada grupo formado. Los resultados obtenidos se describen a continuación:

### Habilidades verbales y de integración espacial

Se aplicaron las subpruebas de Vocabulario y Diseño con Cubos de la Escala de Inteligencia para Adultos (WAIS III). En la tabla 5 se muestra la media de la puntuación natural obtenida por cada grupo.

*Tabla 5. Media de la puntuación natural obtenida en cada subprueba del WAIS III. m: Media, DE: Desviación Estándar.*

<b>WAIS III Grupo</b>	<b>Vocabulario m (DE)</b>	<b>Cubos m (DE)</b>
<b>Alto</b>	32.1 (9.8)	44.5 (13.1)
<b>Medio</b>	28.0 (7.1)	40.1 (8.4)
<b>Bajo</b>	25.8 (8.7)	39.4 (9.4)

En la tabla 5 puede observarse que el grupo de alto rendimiento obtuvo una mayor puntuación tanto en sus habilidades verbales (Vocabulario), como en sus habilidades de integración visoespacial (Cubos), seguido de los grupos de rendimiento medio y la puntuación más baja la obtuvo el grupo de bajo rendimiento ortográfico. Sin embargo en el análisis de varianza de un factor de grupos independientes no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el puntaje de Vocabulario ( $F_{2,42} = 2.08$ ,  $p = 0.13$ ), ni en el puntaje de Diseño con Cubos ( $F_{2,42} = 0.98$ ,  $p=0.38$ ).

### Ejecución lectora

En la evaluación de la lectura en voz alta de un texto expositivo se consideraron tres parámetros: el número de palabras leídas por minuto, el número de palabra modificadas durante la lectura (se consideró modificación en la palabra a todos aquellos cambios realizados a la misma como la adición, la omisión, la sustitución o la transposición de grafemas) y el porcentaje de comprensión lectora (evaluado con la respuesta a cinco preguntas acerca de la lectura). En la tabla 6 se muestra los promedios de: palabras leídas por minuto, palabras modificadas y el porcentaje de comprensión en los tres grupos durante la evaluación de la lectura.

**Tabla 6.** Evaluación de la Lectura en los tres grupos. *m*: Media, *DE*: Desviación Estándar.

<b>Grupo</b>	<b>Palabras por minuto m (DE)</b>	<b>Palabras modificadas m (DE)</b>	<b>Porcentaje de comprensión m (DE)</b>
<b>Alto</b>	168.4 (31.5)	2.1 (2.9)	64.7(18.1)
<b>Medio</b>	145.1 (18.7)	4.0 (3.3)	52.7 (23.4)
<b>Bajo</b>	137.1(24.8)	5.3 (4.5)	47.3 (27.1)

El análisis de varianza de un factor mostró diferencias estadísticamente significativas en el número de palabras leídas por minuto entre los grupos: ( $F_{2,42} = 6.1$ ,  $p<0.01$ ), pero no se encontraron diferencias en el número de palabras

modificadas ( $F_{2,42} = 2.83$ ,  $p=0.07$ ) ni en el porcentaje de comprensión lectora ( $F_{2,42} = 2.2$ ,  $p=0.12$ ).

El análisis a posteriori (Tukey-Kramer) mostró que el grupo Alto lee un número significativamente mayor de palabras por minuto comparado con el grupo de rendimiento Medio ( $q = 3.53$ ,  $p < 0.05$ ) y el grupo de Bajo rendimiento ( $q = 4.75$ ,  $p < 0.01$ ).

En la tabla 6 puede observarse que el grupo Bajo presenta un desempeño lector menor a los otros grupos con una velocidad lectora significativamente inferior y aunque las diferencias no son significativas, sí se observa una tendencia a cometer un mayor número de errores en la lectura y a tener un nivel de comprensión menor comparado con los grupos de rendimiento Medio y Alto.

## Resultados de la tarea experimental.

### Reconocimiento de violaciones ortográficas con contexto

#### *Respuestas Correctas*

En la tarea de reconocimiento de violaciones ortográficas precedidas de un contexto visual se obtuvieron datos conductuales de un total de 45 estudiantes: 15 de alto rendimiento en ortografía, 15 rendimiento medio y 15 de bajo rendimiento en ortografía.

*Tabla 7. Media de respuestas correctas por grupo en las tres condiciones experimentales. m: media; DE: Desviación Estándar.*

Condición	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Total
Grupo	m (DE)	Ortográfica m (DE)	Semántica m (DE)	Grupo
Alto	67.8 (2.5)	62.7 (7.2)	69.5 (2.9)	<b>66.7</b> (5.4)
Medio	66.7 (3.6)	56.0 (9.2)	65.1 (7.2)	<b>62.6</b> (8.4)
Bajo	65.9(3.3)	44.6 (13.5)	66.0 (4.3)	<b>58.8</b> (13.1)
<b>Total Condición</b>	<b>66.8</b> (3.2)	<b>54.4</b> (12.6)	<b>66.9</b> (5.3)	

Se observó una diferencia entre grupos ( $F_{2,42} = 11.17$ ,  $p < 0.001$ ), los análisis *a posteriori* (Tukey-Kramer) mostraron que, el grupo de Alto rendimiento obtuvo un mayor número de respuestas correctas comparado con el grupo de rendimiento Medio ( $q = 3.46$ ,  $p < 0.05$ ) y el grupo de Bajo rendimiento ( $q = 6.68$ ,  $p < 0.01$ ). No se observaron diferencias entre los grupos Medio y Bajo.

Se observaron diferencias entre condiciones de la tarea ( $F_{2,84} = 56.88$ ,  $p < 0.0001$ ). Las comparaciones *a posteriori* entre condiciones mostraron que los estudiantes obtuvieron mayor número de respuestas correctas en la condición Correcta ( $q = 13.01$ ,  $p < 0.01$ ) y en la condición Incorrecta Semántica ( $q = 13.11$ ,  $p$

< 0.01) con respecto de la condición Incorrecta Ortográfica. En las primeras dos condiciones los tres grupos obtuvieron un rendimiento superior al 90% de aciertos.

Se observó una interacción grupo x condición ( $F_{4,84} = 8.18$ ,  $p < 0.0001$ ). Se encontró que en la condición Incorrecta Ortográfica, el grupo de alto rendimiento obtiene mayor número de respuestas correctas en comparación con el grupo de rendimiento Medio ( $q = 3.78$ ,  $p < 0.05$ ) y el grupo Bajo ( $q = 10.17$ ,  $p < 0.01$ ), en esta misma condición el grupo de rendimiento Medio obtuvo mayor número de respuestas correctas en comparación con el grupo de Bajo rendimiento ( $q = 6.4$ ,  $p < 0.01$ ). De manera que, sólo en la condición de Incorrecta ortográfica es donde el grupo con un rendimiento Bajo presenta peor ejecución que los otros grupos de estudio.

### ***Tiempos de reacción***

El análisis de varianza de parcelas divididas de dos factores no mostró diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la velocidad para emitir una respuesta correcta, pero sí se encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción entre condiciones ( $F_{2,84} = 37.81$ ,  $p < 0.001$ ), sin interacción grupo por condición.

**Tabla 8.** Promedio del tiempo de reacción por grupo en las tres condiciones experimentales. *m*: media, *DE*: Desviación Estándar.

<b>Grupo</b>	<b>Correcta m (DE)</b>	<b>Incorrecta Ortográfica m (DE)</b>	<b>Incorrecta Semántica m (DE)</b>	<b>Total Grupo</b>
<b>Alto</b>	692.8 (154.2)	753.9 (146.4)	747.1 (131.7)	<b>731.3 (145.9)</b>
<b>Medio</b>	749.9 (147.7)	860.3 (170.8)	829.6 (145.4)	<b>813.3 (160.8)</b>
<b>Bajo</b>	710.4 (169.2)	813.5 (189.9)	773.5 (118.3)	<b>765.8 (168.3)</b>
<b>Total Condición</b>	<b>717.7 (157.9)</b>	<b>809.2 (174.3)</b>	<b>783.4 (135.7)</b>	

En la tabla 8 puede observarse que el efecto está dado porque los estudiantes obtuvieron menores tiempos de reacción en la condición Correcta ( $q = 11.92$ ,  $p < 0.01$ ) e Incorrecta Semántica ( $q = 8.55$ ,  $p < 0.01$ ) con respecto de la condición Incorrecta Ortográfica.

### ***Efecto de la frecuencia sobre el procesamiento de las palabras***

Para evaluar el efecto que la frecuencia de las palabras tiene sobre el procesamiento de las violaciones ortográficas, se controló equitativamente la cantidad de palabras de alta, media y baja frecuencia presentadas en cada condición experimental, pero debido a que el número de palabras de cada nivel de frecuencia en cada condición experimental fue diferente (ver estímulos, pag. 45), presentándose un mayor número de palabras de baja frecuencia que de frecuencia media y alta, aunque de manera equivalente entre cada condición, razón por la cual el número de respuestas correctas obtenidas por cada individuo, en cada condición fue convertido a porcentaje de respuestas correctas para cada tipo de frecuencia y en cada condición.

En la tabla 9 se presenta la media del porcentaje de respuestas correctas por frecuencia de la palabra en las tres condiciones y en los tres grupos.

El análisis de varianza de tres factores (Grupo x Condición x Frecuencia) mostró diferencias estadísticamente significativas que ya se presentaron previamente por lo que no se volverán a mencionar. En el caso del análisis de la frecuencia de las palabras sobre el porcentaje de respuestas correctas, se encontró un efecto de la frecuencia ( $F_{1,59,67.1} = 869.6$ ,  $p < 0.001$ ), además de una interacción de condición x frecuencia de la palabra ( $F_{2,38,100.0} = 41.47$ ,  $p < 0.001$ ).

**Tabla 9.** Porcentaje de respuestas correctas por frecuencia de la palabra en cada grupo y condición experimental. M: Media, DE: Desviación.

Frecuencia	Correcta			Incorrecta Ortográfica			Incorrecta Semántica		
	m (DE)			m (DE)			m (DE)		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
<b>Grupo Alto</b>	94.1 (5.4)	95.7 (4.1)	92.9 (4.9)	93.3 (8.4)	87.4 (12.8)	<b>83.2</b> (11.9)	96.3 (4.0)	95.8 (5.7)	97.2 (5.2)
<b>Grupo Medio</b>	95.3 (5.1)	94.7 (3.9)	89.3 (8.9)	85.9 (12.9)	81.3 (11.2)	<b>69.9</b> (16.9)	88.9 (12.1)	91.9 (9.3)	90.2 (11.0)
<b>Grupo Bajo</b>	92.6 (6.8)	92.8 (5.7)	89.8 (5.7)	74.5 (17.0)	62.8 (24.0)	<b>53.8</b> (22.1)	88.9 (11.1)	93.6 (4.7)	91.8 (9.2)

Las comparaciones *a posteriori* mostraron que en las palabras de baja frecuencia los participantes obtienen el menor porcentaje de respuestas correctas que ante palabras de frecuencia media ( $q = 6.92$ ,  $p < 0.01$ ) y de frecuencia alta ( $q = 9.40$ ,  $p < 0.01$ ).

Del efecto de la frecuencia de la palabra sobre el rendimiento en las diferentes condiciones experimentales, se encontró que es solamente ante las violaciones ortográficas que se encontraron diferencias significativas relativas a la frecuencia de las palabras, donde el rendimiento ante las palabras de baja frecuencia es significativamente menor con respecto de las de frecuencia alta ( $q = 14.1$ ,  $p < 0.01$ ) y las de frecuencia media ( $q = 7.4$ ,  $p < 0.01$ ), además los estudiantes obtienen también un menor porcentaje de respuestas correctas en palabras de frecuencia media comparadas con palabras de alta frecuencia ( $q = 6.7$ ,  $p < 0.01$ ).

## Potenciales Relacionados con Eventos

Para la obtención de los Potenciales Relacionados con Eventos se promediaron 15 ventanas de 1100 ms por condición en cada individuo para la obtención de los potenciales individuales por cada condición experimental, posteriormente se promediaron los potenciales de una misma condición en los 15 integrantes de cada grupo para la obtención de los grandes promedios grupales. Se describen a continuación los grandes promedios en cada grupo.

### *Descripción de la morfología de los potenciales*

En general el patrón de los PREs siguió una morfología caracterizada por cambios Positivos-Negativos-Positivos-Negativos-Positivos, alcanzando máximos voltajes en regiones temporo-occipitales los dos primeros componentes y el resto alcanzan su pico máximo en regiones fronto-centrales. Los componentes observados corresponden a lo reportado en la literatura para el procesamiento de palabras visuales y son: P150, N200 ó N170, P200, N400 y P600 (veáse Carretié, 2001).

Se pueden observar las siguientes características distintivas:

El primer componente en el que se aprecian algunas diferencias entre grupos y condiciones, ante la presencia de las palabras, es un pico positivo temprano alrededor de los 140 ms. (**P150**), este componente presenta una distribución temporo-parieto-occipital. Se ha señalado que el componente P150 es mayor ante estímulos de apariencia lingüística y parece estar originado en la parte posterior del giro fusiforme (Schendan, Ganis y Kutas, 1998).

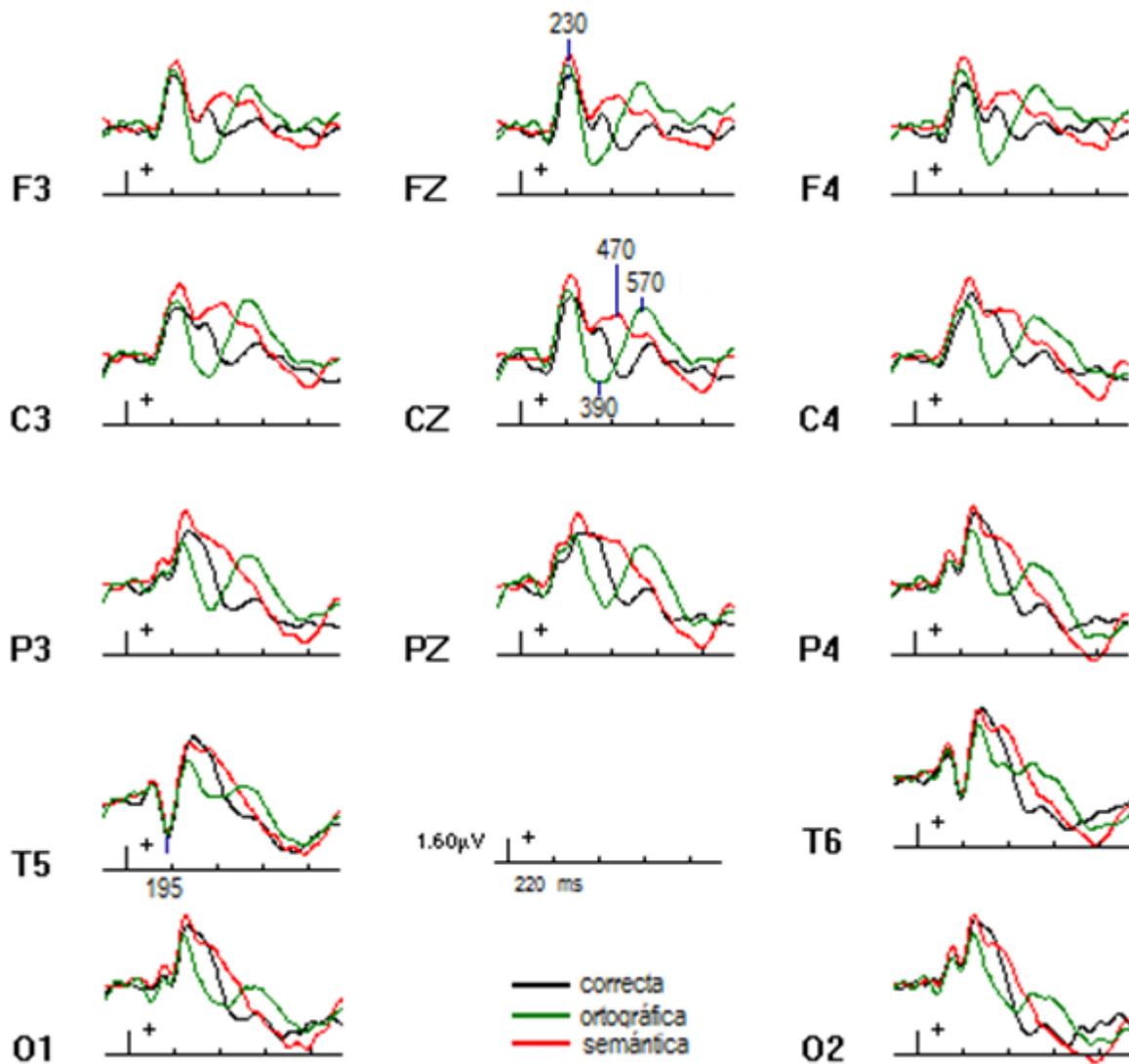
El segundo componente es negativo con una magnitud de voltaje mayor en regiones temporales posteriores (T5, T6), alcanza su pico máximo alrededor de los 200 milisegundos (**N200 o N170**) y es más prominente en el hemisferio izquierdo en todos los grupos, aunque parece ser ligeramente menor la diferencia entre

regiones homólogas en el grupo con Bajo rendimiento ortográfico, el cual alcanza menores magnitudes de voltaje en este componente para todas las condiciones respecto a los otros dos grupos.

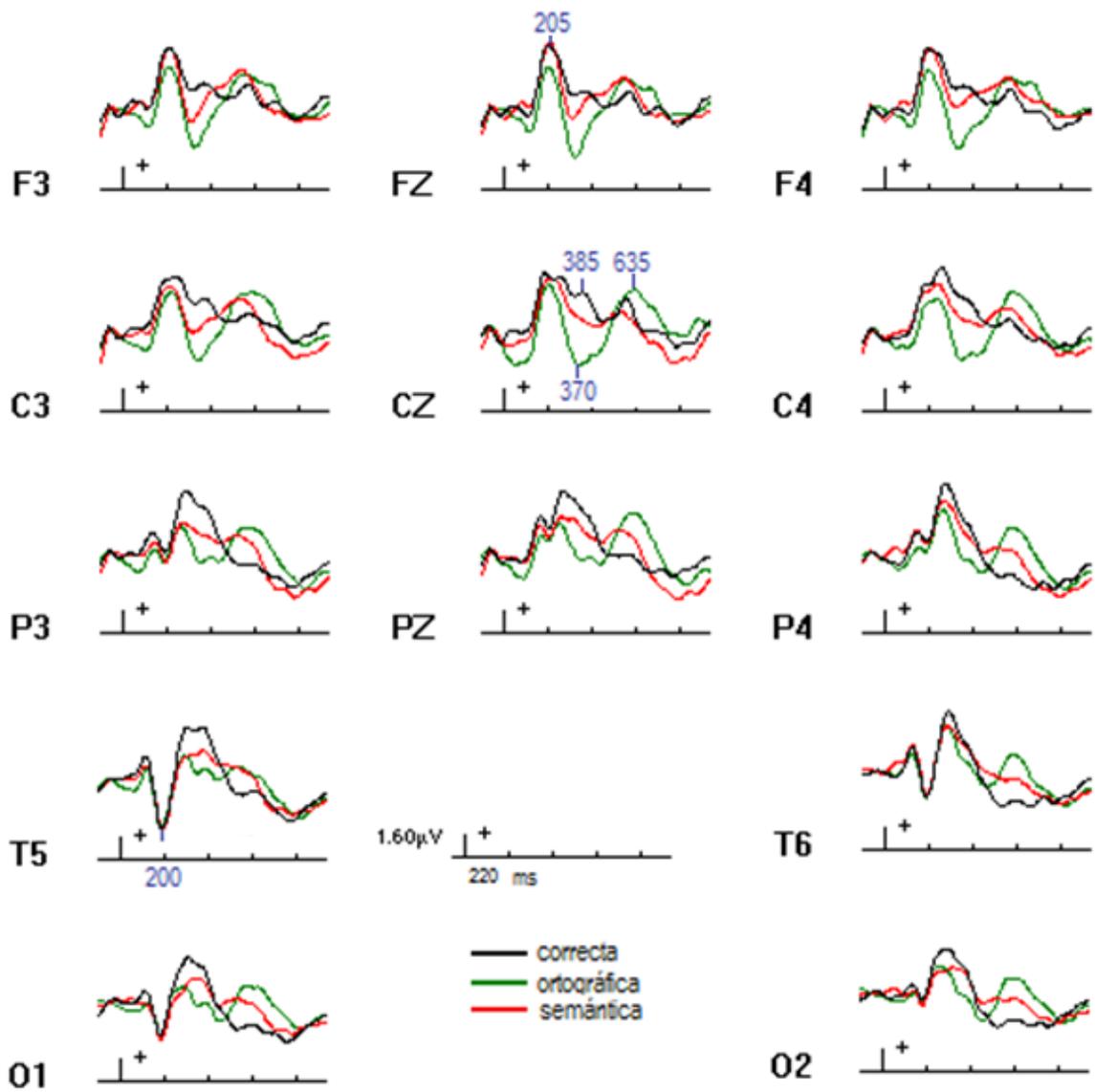
El tercer componente observable es un cambio positivo, es el componente más amplio, cuyo pico máximo de voltaje alcanza su latencia máxima alrededor de los 200 milisegundos (**P200**), con una distribución central, parece ser ligeramente mayor tanto para la condición ortográfica como para la semántica en el grupo con rendimiento Alto.

En seguida aparece una segunda deflexión negativa que muestra grandes diferencias entre condiciones experimentales; en las condiciones Correcta e Incorrecta Ortográfica se observa una menor magnitud y latencia más corta con respecto a la Incongruencia Semántica, es justamente en esta condición en la que se alcanza la latencia esperada para la detección de una incongruencia semántica (**N400**), llama la atención que su distribución topográfica es más fronto-central respecto a la distribución típica centro-parietal de N400. La latencia y amplitud de este componente parece distinguir a los grupos, particularmente en la condición Incorrecta Ortográfica.

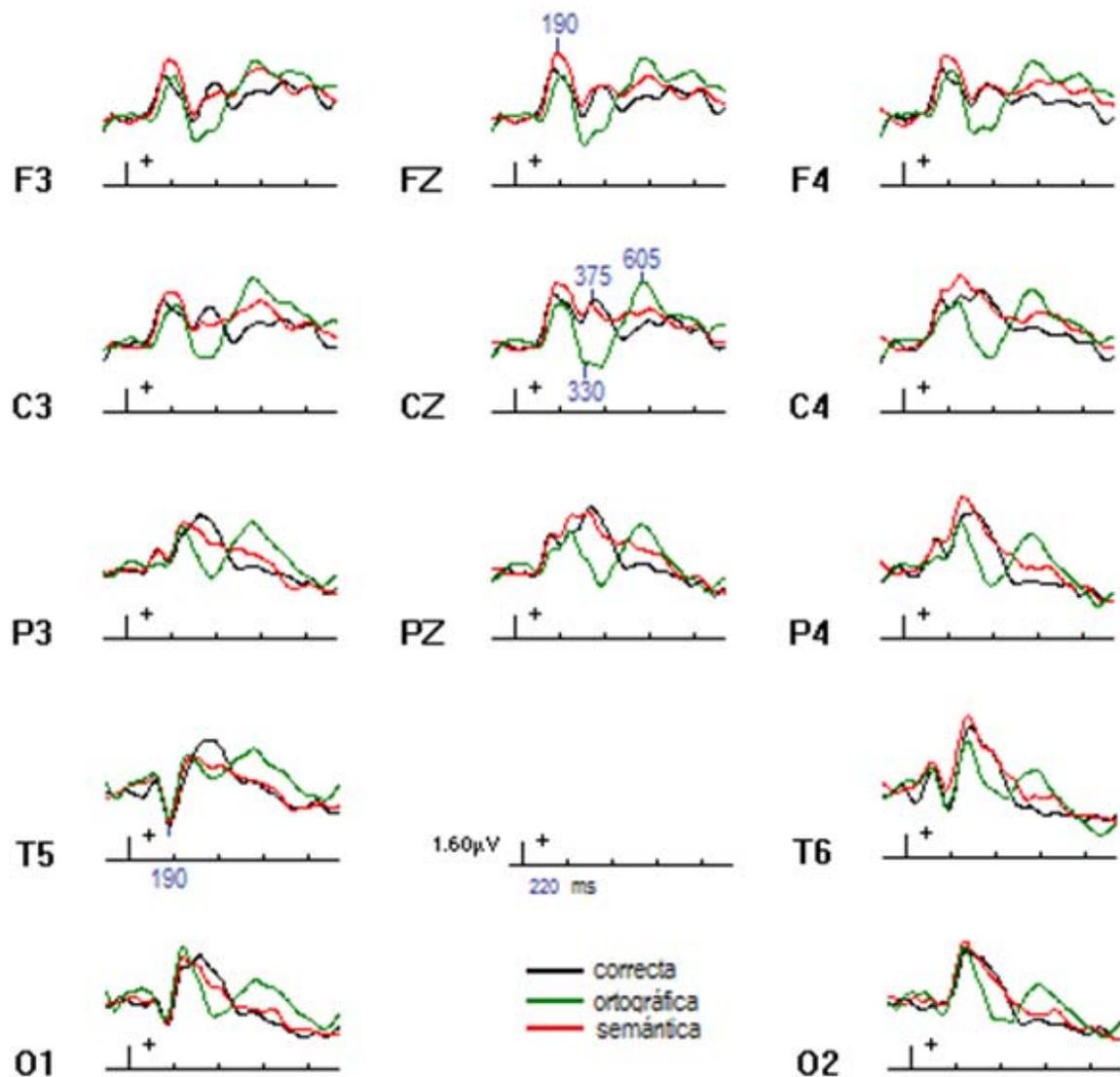
Finalmente se observa un cambio positivo lento tardío alrededor de los 500 milisegundos (**P600**), que también es diferente en latencia y amplitud entre condiciones y entre grupos. Este componente lento muestra un incremento progresivo tanto en latencia como en amplitud de la Condición Correcta, seguido de la Incorrecta Ortográfica y Finalmente la mayor latencia y amplitud se alcanza ante la Incorrecta Semántica. Su distribución también es fronto-central.



**Figura 7.** Gran Promedio en cada una de las tres condiciones experimentales en el Grupo con *Alto* Rendimiento ortográfico.



**Figura 8.** Gran Promedio en cada una de las tres condiciones experimentales en el Grupo con rendimiento ortográfico *Medio*.



**Figura 9.** Gran Promedio en cada una de las tres condiciones experimentales en el Grupo con **Bajo** Rendimiento ortográfico.

## ***Análisis estadístico de latencia y voltaje de los principales componentes de los PREs***

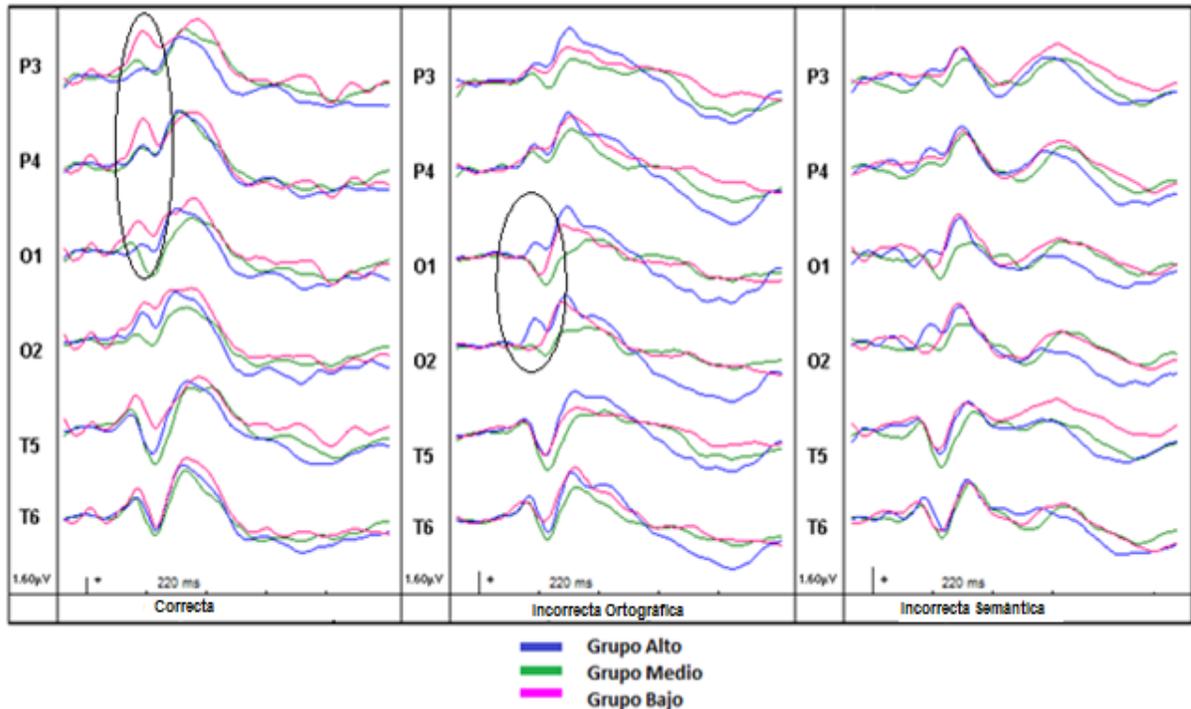
De la inspección visual de los grandes promedios grupales y por condición se observaron los principales cambios de voltaje generados por el procesamiento de las palabras en las diferentes condiciones experimentales, a partir de ellos se realizaron los análisis estadísticos de cinco componentes: P150, N200, P200, N400 y P600.

Para determinar si existieron diferencias en el voltaje y en la latencia de cada componente se realizaron análisis de varianza de parcelas divididas de 3 factores, uno entre grupos (Grupo Alto, Medio y Bajo rendimiento en ortografía) y dos factores intragrupos (Condición: Correcta, Incorrecta Ortográfica e Incorrecta Semántica; Derivación: las derivaciones analizadas en cada caso se seleccionaron de acuerdo a los principales cambios que se observaron en los grandes promedios y se mencionarán en la descripción de los resultados de cada componente).

### ***Voltaje P150***

De la inspección visual de los grandes promedios se observó un cambio positivo temprano alrededor de los 140 ms., dada su distribución topográfica y probable origen en regiones occipito-temporales, se realizó el análisis del voltaje y la latencia en 6 derivaciones: P3-P4, O1-O2, T5-T6.

No obstante la diferencia de voltaje en los potenciales promedio entre el grupo Bajo vs Medios y Altos en la condición correcta en esta latencia (ver figura 10), no se encontraron diferencias significativas.



**Figura 10.** Gran Promedio en cada una de las tres condiciones experimentales y en cada grupo en la región parieto-temporo-occipital.

### **Latencia P150**

A diferencia del voltaje, el análisis estadístico de la latencia del componente P150 detectó diferencias entre condiciones ( $F_{1,00,42.0} = 8.67$ ,  $p < 0.01$ ), y una interacción Grupo por Condición. ( $F_{2,0,42.0} = 5.1$ ,  $p < 0.05$ ), donde la latencia del pico máximo es menor en la condición Correcta respecto de la Incorrecta Ortográfica ( $q = 5.09$ ,  $p < 0.01$ ) e Incorrecta Semántica ( $q = 5.09$ ,  $p < 0.01$ ); adicionalmente este efecto de menor latencia en la Correcta sólo se observó en el grupo alto (vs Ortográfica  $q = 4.64$ ,  $p < 0.01$ , vs Semántica  $q = 4.64$ ,  $p < 0.01$ ) y el Medio alto (vs Ortográfica  $q = 5.71$ ,  $p < 0.01$ , vs Semántica  $q = 5.71$ ,  $p < 0.01$ ), pero no se observó en el Grupo Bajo. No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los factores y en ninguna de las interacciones.

### ***Voltaje N200 o N170***

Para determinar si existieron diferencias en el voltaje del pico máximo de este componente se realizó un análisis entre grupos por condiciones por las derivaciones T5, T6.

En la tabla 11 se puede observar que en todos los grupos y en todas las condiciones existe un voltaje negativo mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho. ( $F_{1,42} = 6.74$ ,  $p < 0.05$ ),

**Tabla 11.** Voltaje medio (micro volts) del pico máximo del Componente N200 en cada condición, grupo y derivación. M: media, DS: desviación estándar.

	Correcta		Incorrecta Ortográfica		Incorrecta Semántica		TOTAL POR GRUPO	
	M (DS)		M (DS)		M (DS)		M (DS)	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6	T5	T6
Grupo Alto	-3.6 (5.4)	-2.4 (3.1)	-3.6 (5.2)	-2.1 (1.9)	-3.7 (5.7)	-2.4 (2.5)	-3.6 (5.4)	-2.3 (2.5)
Grupo Medio	-3.9 (2.1)	-2.8 (2.7)	-4.2 (1.9)	-3.0 (2.1)	-3.8 (1.4)	-2.2 (2.5)	-3.9 (1.8)	-2.7 (2.4)
Grupo Bajo	-3.2 (3.3)	-2.5 (4.1)	-3.1 (3.9)	-0.5 (5.1)	-2.6 (3.3)	-1.9 (4.6)	-2.9 (3.4)	-1.6 (4.6)
TOTAL POR CONDICIÓN	-3.6 (3.8)	-2.6 (3.3)	-3.6 (3.9)	-1.9 (3.4)	-3.4 (3.9)	-2.2 (3.3)		

### ***Latencia N200 o N170***

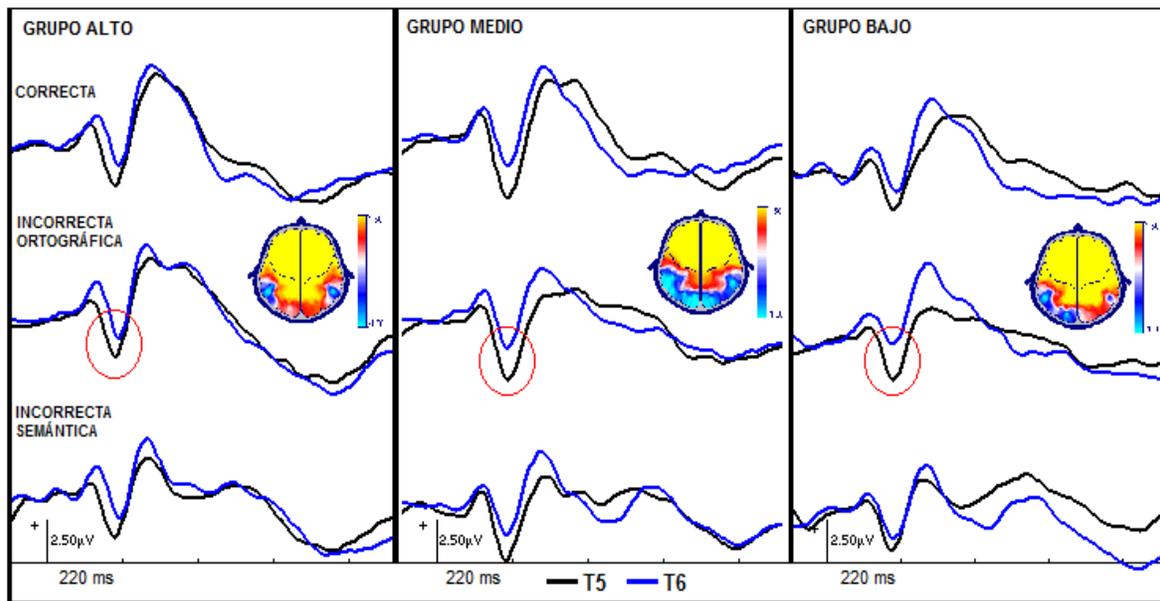
En la latencia del pico máximo de voltaje del componente N200 se encontraron diferencia por condiciones ( $F_{2,84} = 3.34$ ,  $p < 0.05$ ), los análisis *a posteriori* mostraron una latencia media mayor en la condición Correcta respecto de la condición Incorrecta Semántica ( $q = 3.649$ ,  $p < 0.05$ ).

**Tabla 12.** Promedio de latencia (milisegundos) del pico máximo de voltaje del Componente N200 en cada condición, grupo y derivación. M: media, DS: desviación estándar.

	Correcta		Incorrecta Ortográfica		Incorrecta Semántica		Total por grupo	
	M (DE)		M (DE)		M (DE)		M (DE)	
	T5	T6	T5	T6	T5	T6	T5	T6
<b>Grupo Alto</b>	204.5 (15.9)	208.0 (12.0)	201.9 (17.3)	208.6 (9.3)	204.2 (17.2)	209.3 (14.7)	<b>203.5</b> <b>(16.5)</b>	<b>208.6</b> <b>(11.9)</b>
<b>Grupo Medio</b>	208.0 (18.2)	206.7 (18.7)	204.3 (13.5)	206.4 (13.8)	203.7 (13.2)	202.0 (13.1)	<b>205.3</b> <b>(14.9)</b>	<b>205.0</b> <b>(15.2)</b>
<b>Grupo Bajo</b>	201.3 (14.8)	203.3 (16.1)	196.1 (18.2)	203.1 (15.5)	192.9 (18.8)	194.3 (19.8)	<b>196.8</b> <b>(17.4)</b>	<b>200.2</b> <b>(17.4)</b>
<b>Total por Condición</b>	<b>204.6</b> <b>(16.3)</b>	<b>206.0</b> <b>(15.6)</b>	<b>200.8</b> <b>(16.5)</b>	<b>206.0</b> <b>(13.0)</b>	<b>200.3</b> <b>(17.0)</b>	<b>201.8</b> <b>(16.9)</b>		

Además, se encontró una diferencia entre derivaciones ( $F_{1,42} = 5.85$ ,  $p < 0.05$ ), con una latencia mayor en el hemisferio derecho (T6), aún cuando la diferencia entre las dos derivaciones es mínima.

Se encontró una interacción entre condición por derivación ( $F_{2,84} = 3.43$ ,  $p < 0.05$ ), donde sólo se encontró una mayor latencia en T6 respecto de T5 en la condición Incorrecta Ortográfica ( $q = 6.345$ ,  $p < 0.01$ ). Puede observarse en la figura 11 la diferencia de latencia en el grupo Alto, además, en los mapas es posible observar que la negatividad se encuentra en áreas más restringidas que en el grupo Medio y Bajo.



**Figura 11.** Comparación de los componentes en T5-T6 en cada Grupo y cada condición experimental. Se resalta en rojo la condición Incorrecta Ortográfica donde se encontraron diferencias significativas generales entre derivaciones homólogas en la latencia del pico máximo de voltaje. Los mapas representan la distribución topográfica del máximo pico del componente N200 en la condición ortográfica.

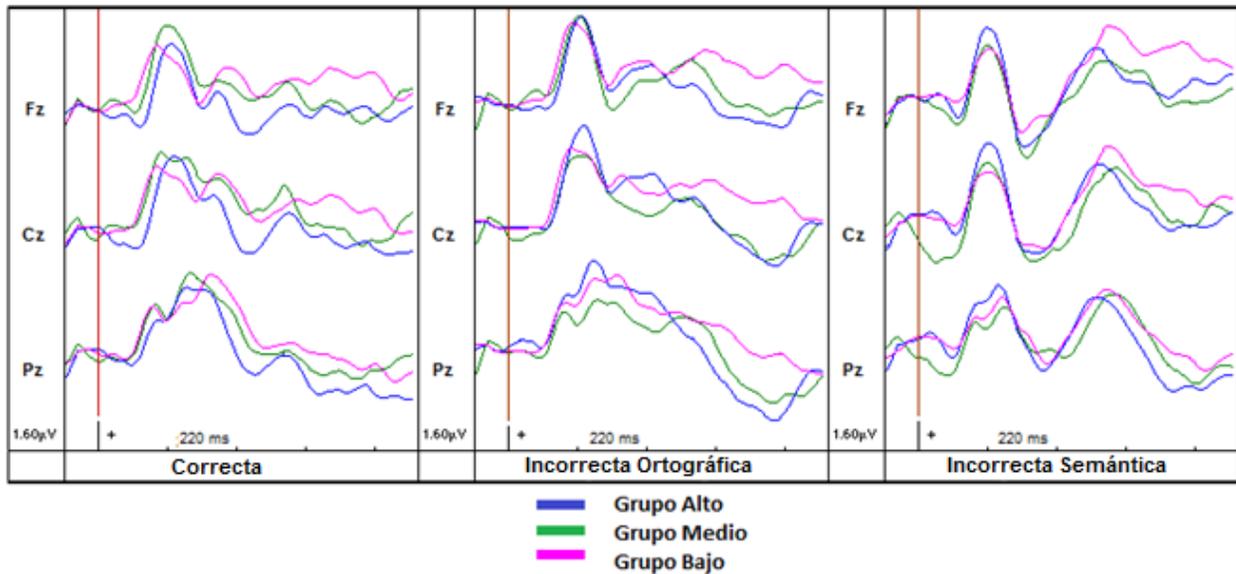
### ***Voltaje P200***

El análisis de este componente fue igualmente de 3 factores, grupo X condición X derivación, en este caso se analizaron las derivaciones centrales (F3-F4, C3-C4, Fz, Cz) dada su distribución topográfica.

Se encontró solamente una tendencia en el grupo Alto a presentar un voltaje mayor general en P200 con respecto a los Medios y Bajos ( $F_{6,84} = 2.96$ ,  $p = 0.0572$ ), sin embargo, en los potenciales promedio se observa un voltaje mucho mayor en los Altos en Cz ante la Incorrecta Ortográfica (ver Figura 15).

### ***Latencia P200***

En el análisis de la latencia sólo se observó un efecto de grupo ( $F_{2,42} = 7.44$ ,  $p = 0.01$ ), donde hay una latencia menor en el grupo Bajo con respecto del Alto ( $q = 5.45$ ,  $p < 0.05$ ).



**Figura 12.** Gran promedio en cada una de las condiciones, en los tres grupos de estudio. Se presentan las derivaciones centrales.

### ***Voltaje N350-400***

La segunda negatividad representó las mayores diferencias entre las condiciones experimentales. El análisis estadístico implicó 3 factores: Grupo X Condición X Derivación (F3-F4, C3-C4, Fz, Cz, Pz). De este análisis se desprenden varios efectos que se presentan a continuación.

- Se encontraron diferencias por condiciones ( $F_{2,84} = 10.77, p < 0.001$ ), donde la magnitud de la negatividad es mayor ante la detección de la Incongruencia Semántica con respecto de la Correcta ( $q = 6.26, p < 0.01$ ) y de la Incorrecta Ortográfica ( $q = 4.841, p < 0.01$ ).
- Se encontró una interacción Grupo por Derivación ( $F_{12,252} = 3.10, p < 0.001$ ), donde se observaron varias diferencias que por razones de brevedad no serán anotadas todas (ver anexos de los análisis estadísticos), de manera general es posible señalar que en el grupo Alto los sitios de registro frontales presenta una mayor negatividad bilateral en comparación

con los sitios centrales; en el grupo Bajo se encontró que esta mayor negatividad fronto-central es sólo en el hemisferio izquierdo con respecto del derecho, en el grupo medio no se observó ninguna de estas interacciones significativas.

- Otra interacción fue Condición por Derivación ( $F_{12,504} = 12.82$ ,  $p < 0.0001$ ), con mayor amplitud en todas las derivaciones en la condición Semántica con respecto de la Correcta y de la Incorrecta Ortográfica (ver anexos de los análisis estadísticos).
- Se encontró además una interacción de Grupo X Condición X Derivación ( $F_{24,504} = 1.93$ ,  $p < 0.01$ ), en los tres grupos existieron mayores voltajes negativos, en varios sitios en la condición Semántica respecto de la Correcta y la Ortográfica (ver anexos de análisis estadístico) en regiones centrales.

### ***Latencia N350-400***

En el caso de la latencia de este componente se encontraron diferencias en el factor grupo ( $F_{2,42} = 8.02$ ,  $p < 0.01$ ); el grupo Medio presentó una mayor latencia que el grupo Alto ( $q = 5.65$ ,  $p < 0.01$ ); se encontró un efecto de la condición ( $F_{2,84} = 291.15$ ,  $p < 0.00001$ ), donde se observó una mayor latencia en la condición Semántica con respecto de la Correcta ( $q = 29.03$ ,  $p < 0.01$ ) y de la Ortográfica ( $q = 30.06$ ,  $p < 0.01$ ); se encontró una interacción de grupo por condición ( $F_{2,84} = 10.77$ ,  $p < 0.001$ ), con una latencia más temprana en el condición Semántica en el grupo Alto con respecto del Medio ( $q = 6.89$ ,  $p < 0.01$ ) y el Bajo ( $q = 8.55$ ,  $p < 0.01$ ).

### ***Voltaje P450-600***

En el último componente encontrado se realizó un análisis de tres factores: Grupo X Condición X Derivación (F3-F4, C3-C4, Fz, Cz, Pz), se encontró sólo una interacción Condición X Derivación ( $F_{12, 504} = 3.90$ ,  $p < 0.001$ ), donde en la

condición de incongruencia Semántica se observaron componente de mayor magnitud positiva en prácticamente todas las derivaciones excepto C4, con respecto de las mismas derivaciones de las condiciones Correcta e Incorrecta Ortográfica (ver anexos de análisis estadístico).

### ***Latencia P450-600***

Al analizar la latencia de este componente sólo se encontró un efecto de la condición ( $F_{2, 84} = 377.25, p < 0.0001$ ), donde hay una mayor latencia del componente en la condición Semántica con respecto de la Correcta ( $q = 34.52, p < 0.01$ ) y de la Incorrecta Ortográfica ( $q = 32.68, p < 0.01$ ).

## Discusiones

### ***Rendimiento conductual en la tarea de reconocimiento de violaciones ortográficas***

Considerando que el uso adecuado de las convenciones ortográficas mejora la comprensión en la comunicación escrita y teniendo en cuenta que se piensa que los estudiantes mexicanos presentan dificultades en la escritura correcta de las palabras, el objetivo primordial de este estudio fue evaluar el reconocimiento de errores ortográficos en palabras individuales (aquellos errores que se generan al sustituir un grafema por otro que tiene la misma fonología) mediante los componentes de los Potenciales Relacionados con Eventos en grupos de estudiantes con distinto nivel de Conocimiento en ortografía.

La primera etapa de esta investigación inició con el objetivo de seleccionar los grupos de estudiantes con distinto nivel de conocimiento en ortografía para lo cual se evaluó el conocimiento ortográfico mediante cinco tareas distintas en estudiantes de 5° y 6° semestre de preparatoria (véase resultados en Anexo C). De esta evaluación se formaron los tres grupos de estudiantes con distinto rendimiento en ortografía: Estudiantes con Alto rendimiento, estudiantes con rendimiento Promedio y estudiantes con Bajo rendimiento ortográfico.

Como era esperado, en la realización de la tarea de Reconocimiento de violaciones ortográficas se puede observar que el grupo de Alto rendimiento en ortografía mostró el mayor número de respuestas correctas en las tres condiciones experimentales: Correcta, Incorrecta Ortográfica e Incorrecta Semántica en comparación con el número de respuestas correctas del grupo de Rendimiento Medio y Bajo rendimiento; también se puede observar que el grupo de rendimiento Medio obtuvo mayor número de respuestas correctas en comparación con el grupo de Bajo rendimiento pero estas diferencias no son estadísticamente significativas, posiblemente la falta de diferencias estadísticamente significativas

entre estos dos grupos se deban a la mayor variabilidad tanto del grupo Medio como del grupo bajo, se puede notar que el grupo de alto rendimiento presenta la menor variabilidad en las tres condiciones.

En la comparación del número de respuestas correctas por condición se puede observar que el mayor número de respuestas correctas se obtiene en la condición Correcta e Incorrecta Semántica. En la condición Correcta el rendimiento de los tres grupos es similar, lo cual podría sugerir que el reconocimiento de una palabra bien escrita es una tarea que se puede realizar correctamente sin que esto implique una alta demanda de recursos cognitivos que requiera necesariamente tener una mejor ortografía para poder realizar la tarea de manera adecuada. En la condición Incorrecta Semántica se observa también que el rendimiento de los tres grupos es similar. Determinar si una palabra es correcta dependiendo de su contexto previo, podría implicar mayor conocimiento sobre el significado de la palabra y relacionar este con una imagen más que el conocimiento sobre la escritura correcta de la palabra.

Es sólo en la condición Incorrecta Ortográfica donde se obtuvo el menor número de respuestas correctas para los tres grupos y es aquí donde se muestran claras diferencias en el rendimiento entre los grupos. El reconocimiento de un error ortográfico en una palabra, cuando este implica únicamente la sustitución de un grafema por otro que tiene la misma fonología, produce un error ortográfico que es altamente frecuente en nuestra lengua (Backhoff y Cols, 2008), el hecho de que los tres grupos, independientemente de su nivel de conocimiento ortográfico, obtengan el peor rendimiento en la condición de Incongruencia Ortográfica confirma lo que se ha afirmado por diversos autores, en el sentido de que las características del español determinan que sea más fácil leer que escribir (Gómez-Velázquez y cols., 2010; Serrano y Defior, 2008), haciendo que la escritura sea más opaca por la posibilidad de representar gráficamente los fonemas usando más de un grafema. Dado que en la ortografía del español no existen, en algunos casos, reglas claras para el uso de grafías homófonas como c-s-z o b-v, se

depende de la habilidad del individuo para guardar en memoria un patrón ortográfico específico y de la frecuencia con la que haya sido expuesto a dicho patrón. Precisamente nuestros resultados mostraron que la frecuencia de las palabras influye en el reconocimiento de violaciones ortográficas, donde la frecuencia afecta el procesamiento de todas las palabras pero es particularmente influyente en el reconocimiento de las violaciones ortográficas.

Respecto a la velocidad para emitir una respuesta se analizaron los promedios de tiempo de reacción y sólo se encontró un efecto general dado por la condición ya que los estudiantes tardaron más en evaluar el error ortográfico, lo cual no es sorprendente considerando que es justamente en esta condición donde su rendimiento es más bajo, lo que parece confirmar que es más difícil la determinación de la alteración ortográfica.

El análisis de la frecuencia de las palabras usadas en las diferentes condiciones mostró, como era esperado, mayor número de respuestas correctas para palabras de Alta de frecuencia, seguida de los aciertos de las palabras de frecuencia Media y finalmente un menor número de respuestas correctas para palabras de Baja frecuencia, este dato concuerda con lo postulado por diversos autores de que palabras de Alta frecuencia se procesan más fácilmente (Ramírez, 2006; Alija y Cuetos, 2000). Sin embargo, la frecuencia de las palabras afecta en mayor medida el número de respuestas correctas en los tres grupos cuando se trata de la condición Incorrecta ortográfica, se considera entonces que el número de respuestas correctas es afectado por la condición de la tarea experimental y cuando se presentan palabras de baja frecuencia la dificultad de la tarea se ve incrementada notablemente, no sucede lo mismo cuando la dificultad de la tarea es menor como en las condiciones Correcta e Incorrecta Semántica.

A la sustitución de grafías homófonas suele llamársele error de ortografía arbitraria, al que no necesariamente subyace un fallo en el procesamiento del lenguaje, sino que parecen estar más relacionados con la habilidad para

almacenar las representaciones ortográficas de las palabras (Cervera-Mérida y cols., 2006). El hecho de que en ningún grupo se observaran diferencias en el número de respuestas correctas o en el tiempo de reacción de las condiciones Correcta e Incorrecta Semántica parece confirmar que no necesariamente existe en alguno de los grupos un fallo en el procesamiento del lenguaje sino diferencias en esa habilidad para almacenar en memoria los patrones ortográficos de las palabras, ya que es justamente en la condición Incorrecta Ortográfica donde se observaron las mayores diferencias en el rendimiento de la tarea experimental.

En la literatura, una de las teorías del origen de la dislexia propone que los niños que presentan una lenta velocidad de denominación al inicio del aprendizaje de la lectura parecen tener justamente dificultades para establecer relaciones entre representaciones ortográficas y fonológicas, automatizarlas y almacenarlas en memoria a largo plazo, lo que redundaría en lenta velocidad lectora y pobres habilidades ortográficas, esta teoría llamada del Doble Déficit señala además que si los niños presentan además dificultades en el procesamiento fonológico entonces su rendimiento lector se verá más afectado, no sólo en la velocidad sino además en la eficiencia y la comprensión lectora (Wolf y Bowers, 1999).

Con la intención de determinar si las dificultades en el conocimiento ortográfico en los jóvenes tienen alguna relación con la velocidad lectora, como propone esta teoría del Doble Déficit, se evaluó el rendimiento lector de los participantes en la investigación, con la lectura en voz alta de un texto expositivo. Los resultados de la presente investigación confirman que los participantes del grupo Bajo tienen una velocidad lectora significativamente inferior a la del grupo Alto, mostrando además un ligero mayor número de errores y menor comprensión, sin embargo, la diferencia fundamental es en la velocidad lectora, la cual se ha considerado como el rasgo distintivo de la dislexia en el español (López-Escribano, 2007; Gómez-Velázquez, 2010). Estos resultados parecen sugerir que las dificultades para reconocer las violaciones ortográficas de los participantes del

grupo Bajo podrían ser un índice de dificultades lectoras que van más allá de la sola disminución en la exposición a los textos.

### **Discusión de los PREs en la tarea de reconocimiento de violaciones ortográficas**

Los principales componentes analizados en la presente investigación fueron seleccionados a partir de la inspección visual de los grandes promedios grupales y por condición, principalmente aquellos en los que parecían observarse diferencias entre los grupos o entre las condiciones experimentales, de manera que se analizaron 5 componentes que se han relacionado con el procesamiento de las palabras visuales: P100, N200, P200, N400 y P600. A continuación se discutirán cada uno de ellos.

El primer componente que parece representar un procesamiento diferencial entre las condiciones experimentales es una positividad temprana, alrededor de los 140 ms. Se ha señalado que la percepción de palabras visuales genera un componente temprano **P150**, el cual parece reflejar un primer momento de procesamiento perceptual en la región occipital, que es diferente ante cadenas de letras y cadenas de símbolos similares a las letras, este componente es mayor ante estímulos de apariencia lingüística (palabras, seudopalabras y seudoletas) y parece estar originado en la parte posterior del giro fusiforme (Schendan y cols., 1998). Este componente mostró diferencias entre los grupos sólo en la latencia, donde los grupos Alto y Medio mostraron menor latencia ante las palabras correctas que ante las Incorrectas Ortográficas o Semánticas, pero esto no se observó en el Bajo, quienes muestran latencias incrementadas en la región parieto-occipital bilateral en la condición correcta. La menor latencia de este componente ante las palabras correctas podría reflejar un primer índice del grado de automatización en el reconocimiento de las palabras que sólo es evidente en los participantes Altos y Medios.

Estos resultados parecerían sugerir que el procesamiento de violaciones ortográficas es realizado muy tempranamente por el grupo Alto, quien pareciera destinar mayor cantidad de recursos perceptuales ante este tipo de errores visuales pero la detección de una palabra correcta o de una palabra incongruente semánticamente es realizada de manera automática sin reclutar recursos excesivos de procesamiento perceptual.

El segundo componente que se observó en este estudio fue un cambio negativo alrededor de los 200 ms, en región occipito-temporal, con frecuencia se hace referencia a este componente como **N1** o bien es etiquetado de acuerdo a su latencia como **N150**, **N170**, **N200**, en este trabajo se le ha etiquetado como N200 por su latencia. Es típicamente mayor ante estímulos que pudieran representar palabras (palabras reales, letras o secuencias de pseudoletas), particularmente en el hemisferio izquierdo y se le ha considerado como un signo de la especialización visual para la ortografía (Brem, 2005). Dado que la presente tarea experimental involucraba en todas las condiciones el procesamiento de una palabra, se esperaba que este componente estuviera presente en todas las condiciones y que además, dada la supuesta especialización del mismo en el procesamiento de las características ortográficas de los estímulos, asumimos que habría diferencias entre los grupos en este componente. Adicionalmente algunos autores han señalado que este componente se incrementa ante la presentación repetida de los estímulos, sin embargo, en los resultados de la presente investigación no pudo confirmarse esto. No obstante la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el voltaje de este componente, que pudieran apoyar la idea de mayor amplitud en los Altos respecto de los Bajo, sí es posible observar en las gráficas de los PREs (Figura 10) que los participantes del Grupo Alto y Medio presentan una mayor negatividad izquierda (T5) que el grupo Bajo en la condición Correcta solamente, lo que apoyaría parcialmente la idea de que este componente es un índice de la experticidad de los altos en el reconocimiento de las palabras. En los potenciales se observó que en todos los grupos hay una especialización izquierda para el procesamiento de las palabras, dada su mayor negatividad en T5

respecto de T6, además de una ligera diferencia de latencia entre el pico máximo de ambas derivaciones, la cual resultó significativa, en particular para la condición ortográfica en la que parece haber un procesamiento más rápido en T5 ante la detección de incongruencias ortográficas.

El cuarto componente observado fue una negatividad que presentó grandes variaciones entre las condiciones, como es obvio en la condición de Incorrecta Semántica se esperaba un componente tipo **N400** dada la presencia de una palabra que no sólo era diferente al nombre del dibujo previo, sino que además dicha palabra pertenecía al nombre de un elemento de un campo semántico diferente. Con la intención de evitar que la forma escrita de la palabra fuese muy diferente a la de la palabra escrita y que eso afectara el análisis del significado de la palabra, se buscaron palabras con una morfología similar, la cual varió sólo en una letra o en una sílaba.

A diferencia de la situación original en la que se describió el componente N400, en la que se observaba cuando una palabra era incongruente con el contexto de la oración previa (kutas y Hillyard, 1980), en nuestra investigación los potenciales se obtuvieron ante la presencia de palabras aisladas. Se ha señalado que el componente N400 puede ser generado también ante palabras aisladas y que aparentemente es un componente que aparece por *default*, generado por palabras cuyo significado no está relacionado o no es predicho por el contexto previo a la palabra (Coles y Rugg, 1995), adicionalmente se ha señalado que la N400 es sensible a un amplio rango de relaciones no semánticas entre las palabras, como la fonología o la ortografía (Rugg y Barrett, 1987). De manera que era plausible esperar la generación de un componente tipo N400 ante la presencia de una palabra semánticamente diferente a la palabra esperada en la condición de Incorrecta Semántica, así como ante la presencia de una palabra ortográficamente diferente a la palabra esperada como se presentó en la condición Incorrecta Ortográfica.

En nuestros resultados se cumplió la hipótesis relativa a la Incongruencia Semántica de las palabras con la generación de un amplio componente fronto-central alrededor de los 390 ms, el cual fue significativamente más amplio que la Incorrecta Ortográfica. Sin embargo, en el caso de esta última no se observa una clara negatividad que refleje la incongruencia entre el patrón ortográfico esperado y la violación ortográfica presente, la amplitud de esta segunda negatividad es similar a la observada en la condición Correcta, lo cual descarta la posibilidad de que la N400 sea generada también ante la detección de incongruencias ortográficas, pareciera entonces reflejar más bien la discrepancia en el significado entre las palabras y no una discrepancia de tipo visual como en el caso de la sustitución de grafías homófonas. Aparentemente la N400 no está asociada con mecanismos visuales dedicados a procesar letras, sino más bien con un sistema de procesamiento de palabras de alto nivel, cuya complejidad de procesamiento influye en la latencia a la que este componente alcanza su pico máximo.

En el caso de los datos encontrados en esta investigación, la N400 presenta una distribución más fronto-central que la clásica N400 de Kutas y Hillyard, los reportes de la literatura señalan que la distribución de la N400 varía de acuerdo a la tarea. La N400 de incongruencia semántica dentro de una oración es mayor sobre regiones centro-parietales y ligeramente mayor sobre el hemisferio derecho que sobre el izquierdo (Kutas y Hillyard, 1980). En cambio en la incongruencia semántica ante palabras aisladas, la N400 tiene una distribución más anterior, con un máximo sobre sitios frontales y centrales (Bentin, 1987) y una mayor amplitud sobre el hemisferio izquierdo que sobre el derecho (Nobre y MacCarthy, 1994).

La condición de incongruencia semántica fue incorporada en el presente estudio con la intención de generar un punto de comparación respecto a la negatividad que podría generarse dada la disparidad entre el estímulo esperado y la detección de un error ortográfico, de manera que pudiera distinguirse la contribución del significado de aquella generada por la incongruencia puramente

ortográfica. Como se esperaba el procesamiento de una incongruencia semántica recibe un procesamiento cerebral diferente del procesamiento de una incongruencia de tipo ortográfico, la primera presenta una amplia negatividad fronto-central cuya magnitud alcanza latencias más largas que la detección de el error semántico, de igual manera la positividad posterior es más tardía y de mayor magnitud en la condición semántica respecto de la ortográfica.

La menor latencia de la negatividad relativa a la incongruencia ortográfica podría estar dada por la facilidad para hacer la comparación entre el patrón ortográfico esperado y el patrón presente, la cual demanda básicamente recursos visoperceptuales y de memoria visual a largo plazo, en cambio el procesamiento de una incongruencia de tipo semántico puede considerarse de mayor complejidad y por tanto demandar mayores recursos de procesamiento que conllevan a un incremento en la latencia del componente. Podría asumirse que el procesamiento de las incongruencias ortográfica y semántica en la presente investigación describe su curso en el tiempo, soportando un proceso tipo cascada que involucra diferentes pero interconectados módulos neurales, cada uno responsable de diferentes niveles de procesamiento de información relacionado con las palabras.

De manera que, la detección de una violación ortográfica genera tanto una negatividad como una subsecuente positividad mucho más tempranas que las generadas por el error semántico, con una distribución claramente fronto-central en el grupo Alto, quienes presentan una especialización particular en el conocimiento ortográfico, que alcanza su máxima latencia de la positividad a los 470 milisegundos.

## Conclusiones

Fue en la condición Incorrecta Ortográfica donde se obtuvo el menor número de respuestas correctas para los tres grupos y fue aquí donde se muestran claras diferencias en el rendimiento entre los grupos. Las características del Español hacen que los errores ortográficos originados únicamente por la sustitución de un grafema por otro con la misma fonología, sea una de los errores más frecuentes.

Los participantes del grupo Bajo tienen una velocidad lectora significativamente inferior a la del grupo Alto, lo que parece sugerir que las dificultades para reconocer las violaciones ortográficas de los participantes del grupo Bajo podrían ser un índice de dificultades lectoras que van más allá de la sola disminución en la exposición a los textos.

El componente P150 parece reflejar un primer momento de procesamiento perceptual ante letras en la región occipital, este componente se observó disminuido tanto el grupo Medio como el Alto con respecto del grupo Bajo en la condición correcta, en cambio en el grupo alto se aprecia un incremento en la amplitud de este componente en esta región ante la detección de la violación ortográfica lo que parecería sugerir que el procesamiento de violaciones ortográficas es realizado muy tempranamente por el grupo Alto.

En la N200 los participantes del Grupo Alto y Medio presentan una mayor negatividad izquierda (T5) que el grupo Bajo en la condición Correcta solamente, lo que apoyaría parcialmente la idea de que este componente es un índice de la experticidad de los altos en el reconocimiento de las palabras.

La N400 en nuestra investigación en la condición Incongruencia Semántica se obtuvo ante la presencia de palabras aisladas con una distribución fronto-central.

## VII. Referencias

- Alija, M. y Cuetos, F. (2006). Efectos de las variables léxico-semánticas en el reconocimiento visual de palabras. *Psicothema*, 18, 485-491.
- Andreassi, J. L. (2000). Event-related brain potentials and behavior II: Mental, sensory, attentional and perceptual activities. En J. L. Andreassi (Ed.), *Psychophysiology. Human Behavior & Physiological Response*. (pp. 111-136). London: LEA Publishers.
- Ans, B., Carbonnel, S. & Valdois, S. (1998). A Connectionist Multiple-Trace Memory Model for Polysyllabic Word Reading. *Psychological Review*, 105(4), 678-623.
- Barber, A., H. & Kutas, M. (2007). Interplay between computational models and cognitive electrophysiology in visual word recognition. *Brain research reviews*, 53, 98-123.
- Backhoff, E. E., Peon, M. Z., Andrade, E.M. y Rivera, S.L. (2008). La ortografía de los estudiantes de educación básica. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Bentin, S. (1987). Strategies for Visual Word Recognition and Orthographical Depth: A Multilingual Comparison. *Journal of Experimental Psychology::Human Perception and Performance*, 13(1), 104-115.
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M.H., Echallier, J. F. & Pernier, J. (1999). ERP Manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(3), 235–260.
- Berninger, V.W. & Richards, T.L. (2002). Building a reading brain neurologically & Building a writing brain neurologically. *Brain Literacy for educators and psychologists*. (pp. 109-192). U.S.A.: Academic Press.
- Binder, J., Frost, J., Hammeke, T., Bellogowan, J., Springer, J., Kaufman, J. & Possing, E. (2000). Human temporal lobe activation by speech and non speech sounds, *Cerebral Cortex*, 10, 512-528.
- Binder, J., Frost, J., Hammeke, T. & Cox, R. (1996). Function of the left planum temporal in auditory and linguistic processing, *Brain*, 119, 1239-1247.
- Blazely, A., Coltheart, M. & Casey, B. (2005). Semantic dementia with and without surface dyslexia, *Cognitive Neuropsychology*, 22, 695–717.
- Bookheimer, S. Y., Zeffiro, T. A., Blaxton, T., Gaillard, W. & Theodore, W. (1995). Regional cerebral blood flow during object naming and word reading. *Human Brain Mapping*, 3(2), 93-106.
- Bowers, G. P. & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing: and Interdisciplinary Journal*, 5, 69-85.
- Bradley, L., & Bryant P. E. (1983). Categorizing sounds and learning to read—a causal connection. *Nature* 301, 419–421.
- Branch, C. B. (2003). Acquired dyslexia. En K. M. Heilman & E. Valeinstein (Eds.). *Clinical Neuropsychology*. (pp. 106-125). New York: Oxford University Press.
- Brem, S., Lang-Dullenkopf, A., Maurer, U., Halder, P., Bucher, K. & Brandeis D.(2005). Neurophysiological signs of rapidly emerging visual expertise for symbol strings. *Neuro Report*, 16(1), 45-48.
- Cabré, M.T. (2002). Fundamentos de lingüística en logopedia. En J. C. Peña (Ed.). *Manual de Logopedia* (pp 87-109). México: Masson.
- Carretié, A., L. (2001). Metodología de estudio de la actividad cerebral. *Psicofisiología*. (pp. 47-73) Ediciones Pirámide. Madrid España.

- Castro-Caldas, A. & Reis, A. (2003). The Knowledge of orthography is a revolution in the brain. *Reading and Writing: and Interdisciplinary Journal*, 16, 81-97.
- Castro-Salas, M. A. (2008). *Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) durante la percepción de palabras abstractas y concretas*. Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Cervera-Mérida, J., F. y Ygual-Fernández, A. (2006). Una propuesta de intervención en trastornos disortográficos atendiendo a la semiología de los errores. *Revista de Neurología*, 42 (2), 117-126.
- Chiappa, K. H. (1997). Principles of evoked potentials. En K. H. Chiappa (Ed.), *Evoked Potentials in clinical medicine*. (pp. 1-30 ). New York : Lippincott-Raven Publisher.
- Coltheart, M. (2004). Are there lexicons? *Journal of Experimental Psychology*, 57, 1153 – 1171.
- Coltheart, M. (2006). Dual route and connectionist models of reading: an overview. *London Review of Education*, 4(1), 5–17.
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehericy, S., Samson, Obadia, Y., et al. (2003) Visual word recognition in the left and right hemispheres: anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cerebral Cortex*, 13:1313–1333.
- Cohen, L. B., Henry C., Stanislas D. & Martinaud, O. (2004). The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia*, 42 1768–1780
- Coles MGH, Rugg MD. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. En MD Rugg, MGH Coles (Eds.), *Electrophysiology of Mind: Event-Related Brain Potentials and Cognition*. Oxford University Press.
- Corina, D., Richards, T., Serafini, S., Richards, A., Steury, K., Abbott, R., et al (2001). fMRI, auditory language difference between dyslexics and able reading children, *Neuroreport*, 12, 1195-1201.
- Cornelissen, P., Hansen, P., Hutton, J., Evangelinou, V. & Stein, J. (1998). Magnocellular visual function and children's single word reading. *Vision research*, 38, 471-482.
- Cuetos, F. (1993). Writing processes in a shallow orthography. *Reading and Writing: and Interdisciplinary Journal*, 5, 17-28.
- Cutting, L. E., & Denckla, M., B. (2001) The relationship of rapid serial naming and word reading in normally developing readers: An exploratory model. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 14, 673–05.
- De Boer, T., Scott, L. S. & Nelson, C. A. (2007). Methods for acquiring and analyzing infant event-related potentials. En M. de Haan (Ed.), *Infant E.E.G. and event-related potentials*. (pp. 5-37). New York: Psychology Press.
- Dragovic, M. (2004) A major revision of the Edinburgh Handedness Inventory. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 9(4), 411 – 419
- Eden, G., Stein, J., Wood, H. & Woof, F. (1994). Differences in eye movement and reading problems in reading disabled and normal children. *Vision research*, 34, 1345-1358.
- Federmeier, K. D., Kluender, R. y Kutas, M. (2003). Aligning linguistic and brain views on language comprehension. En A. M. Proverbio & A. Zani (Eds.), *The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain*. (pp 143-168). New York: Academic Press.
- Fiebach, C. J., Friederici, A. D., Muller, K. & Von Cramon Y. (2002). fMRI Evidence for Dual Routes to the Mental Lexicon in Visual Word Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(1), 11- 23.

- Fabiani, M., Gratton, G. & Coles, M. G. H. (2000). Event-related brain potentials. Methods, theory and applications. En J. T. Cacioppo, L.G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*. (pp. 53-84). New York: Cambridge University Press.
- Garnsey, S. M. (1993). Event related potentials in the study of language: an introduction. *Language and Cognitive Process*, 8(4), 337-356.
- Geva, E. & Siegel, L.,S. (2000) Orthographic and cognitive factors in the concurrent development of basic reading skills in two languages. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 12, 1–30.
- Ghez, C. & Thach, W. T. (2000). The Cerebellum. En E. R. Kandel, H. J. Schwartz, & T. M. Jessel (Ed.). *Principles of Neural Science*. (pp. 506-526). New York: Elsevier.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Zarabozo, D. y Amano M. (2010). La velocidad de denominación de letras. El mejor predictor temprano del desarrollo lector en español. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(46), 823-847.
- González-Garrido, A. A. y Gómez-Velázquez, F. R. (2003). Participación de los lóbulos frontales en el aprendizaje de la lectura. *Cerebro y Lectura* (173-192). México: CUCSH, Universidad de Guadalajara.
- Grossi, G. & Coch, D. (2005). Automatic word form processing in masked priming: An ERP study. *Psychophysiology*, 42, 343–355.
- Guiseppe, C. I., Gugliotta, M. & Marshall, J. (1995). Acquisition of reading and written spelling in a transparent orthography: two non parallel processes? *Reading and Writing: and Interdisciplinary Journal*, 7, 9-22.
- Guma, D. E. y González, G. A. (2001). Los potenciales relacionados a eventos cognitivos. *Texto de Neurociencias Cognitivas*. (pp. 413-442). México D.F.: Manual Moderno.
- Halderman, L. K. & Chiarello C. (2005) Cerebral asymmetries in early orthographic and phonological reading processes: Evidence from backward masking. *Brain and Language*, 95, 342-352.
- Harm, M. W. & Seidenberg, M. S. (1999). Phonology, Reading Acquisition, and Dyslexia: Insights from Connectionist Models. *Psychological Review*, 106(3), 491-528.
- Hauk, O., Patterson, K., Woollams, A., Watling, L., Pulvermüller F. & Rogers, T.T. (2006). [Q:] When Would You Prefer a SOSSAGE to a SAUSAGE? [A:] At about 100 msec. ERP Correlates of Orthographic Typicality and Lexicality in Written Word Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (5), 818-832.
- Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2004). Neurophysiological distinction of action words in the fronto-central cortex. *Human Brain Mapping*, 21:191–201.
- Herbster, A., Mintum, M., Nebes, R. & Becker, J. (1997). Regional cerebral blood flow during word and nonword reading. *Human Brain mapping*, 5, 84-92.
- Hillyard, A. S., Hink, R. F., Schwent, V. L. & Picton, T. W. (1973). Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177 – 180.
- Hoen, M. & Dominey, P. F. (2000). ERP analysis of cognitive sequencing: a left anterior negativity related to structural transformation processing. *Neuroreport*, 11(4). 1-5.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E. & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15(2), 159-201.
- Kirk, R.E. (1995). Experimental design. Procedures for the Behavioral Sciences. (pp. 251-307). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.

- Kutas M., Federmeier, K. D., Coulson, S., King J. W. & Münte, F. (1990). Language. En J. T. Cacioppo, L.G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*. (pp. 576-601). New York: Cambridge University Press.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M & Hillyard, H.S. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory & Cognition*, 11 (5), 539-550.
- Lavidor, M., Hayes, A., Shillcock, R. & Ellis, A., W. (2004) Evaluating a split processing model of visual word recognition: Effects of orthographic neighborhood size. *Brain and Language*, 88, 312–320.
- Luck, S. J. (2005). An introduction to the E.R.P. technique and their neural origins. En M. S. Gazzaniga (Ed.), *An Introduction to the E.R.P. Technique*. (pp.1-50). London, England: The MIT Press.
- López-Escribano, C. (2007). "Evaluation of the Double-Deficit hypothesis subtype classification of readers in Spanish", *Journal of Learning Disabilities*, 40, 319-330.
- Lorente de Nó, R. (1947), Action potential of the motoneurons of the hypoglossus nucleus. *Journal of cellular and comparative physiology*, 29, 207-87.
- Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological studies of visual selective attention in humans. En A. S. Scheibel & A. F. Wechsler (Ed.), *Neurobiology of higher cognitive function*. (pp. 271-294). London: Guilford Press.
- Manis, F., Seidenberg, M., Doi, L., McBride-Chang, C., & Peterson, A. (1996). On the basis of two subtypes of developmental dyslexia. *Cognition*, 58, 157-195.
- Manso, A., J. y Ballesteros, S. (2003). El papel de la agenda visoespacial en la adquisición del vocabulario ortográfico. *Psicothema*, 15 (3), 388-394.
- Maurer, U., Brandeis, D. & McCandliss, B. D. (2005). Fast, visual specialization for reading in English revealed by the topography of the N170 ERP response. *Behavioral and Brain Functions*, 1(13), 1-12.
- Matute, E. y Leal-Carretero, F. (2003). Los llamados errores ortográficos en niños hispanohablantes con problemas de aprendizaje de la lectoescritura. *Introducción al estudio del español desde una perspectiva multidisciplinaria*. (pp.549-569) Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara. CUCSH.
- McCarthy, G. (1999). Event-related potentials and functional MRI: a comparison of location in sensory, perceptual and cognitive task. En C. Barber, G. G. Celesia, I. Hashimoto & R. Kakigi (Ed.), *Functional Neuroscience: Evoked Potentials and Magnetic Fields*. (pp. 3-12). New York: Elsevier.
- Meneses, O. S. (2001). Neurofisiología de la atención: potenciales relacionados a eventos. En I. T. Rojas (Ed.) *Texto de Neurociencias Cognitivas*. (pp. 81-110). México D.F.: Manual Moderno.
- Münte, T. F., Heinze, H. J., Matzke, M., Weiringa, B., M. & Johannes, S. (1998). Brain potentials and syntactic violation revisited: no evidence for specificity of the syntactic positive shift. *Neuropsychologia*, 36 (3), 217-226.
- Payuelo-Sanclemente, M. (2003). Comunicación y lenguaje. Desarrollo normal y alteraciones a lo largo del ciclo vital. *Manual de desarrollo y alteraciones del lenguaje* (87-97). Masson: Barcelona.
- Price C. J. & Devlin, J., T. (2003). The myth of the visual word form area. *NeuroImage*, 19, 473–481.
- Proverbio, M. A., Vecchi, L. & Zani, A. (2004). From orthography to phonetics: ERP Measures of Grapheme to phoneme conversion mechanism in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (32), 301-317.

- Proverbio, M. A. & Zani, A. (2003). Electromagnetic manifestations of mind and brain. En A. M. Proverbio & A. Zani (Ed.), *The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain*. (pp 13-40). New York: Academic Press.
- Pulvermüller, E., Assadollahi R. & Elbert, T. (2001). Short communication neuromagnetic evidence for early semantic access in word recognition. *European Journal of Neuroscience*, 13, 201-205
- Ramírez, M. J. (2006). Dislexia adquirida: alexia pura. Un enfoque optométrico. *Gaceta óptica*, 8, 20-24.
- Real Academia Española (1999). Ortografía de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de Lengua española. Vigésima segunda edición. Madrid.
- Reyes, G. (1994). El estudio del significado lingüístico. *La pragmática lingüística* (pp 17 -38). Barcelona: Montesinos.
- Rugg, M., & Barrett, S.E. (1987). Event-related potentials and the interaction between orthographic and phonological information in a rhyme-judgment task. *Brain and Language*, 32, 336-361.
- Serrano, F. & Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58, 81-95.
- Sausseng, P., Bergmann, J. & Wimmer, H. (2004). When does the brain register deviances from standard word spellings?-An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 20, 529-532.
- Salmelin, R., Helenius, P. & Service, E. (2000). Neurophysiology of fluent and impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Annals of Neurology*, 40, 157-62.
- Schendan, H. E., Ganis, G. & Kutas, M. (1998) Neurophysiological evidence for visual perceptual categorization of words and faces within 150 ms. *Psychophysiology*, 35, 240–251.
- Seidenberg, M. S. & McClelland (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96 (4), 523-568.
- Simon, G., Petit, L., Bernard, C. & Rebaï, M. (2007). N170 ERPs could represent a logographic processing strategy in visual word recognition. *Behavioral and Brain Functions*, 3, 1-11.
- Spironelli, C. & Angrilli, A. (2006). Influence of Phonological, Semantic and Orthographic tasks on the early linguistic components N150 and N350. *International Journal of Psychophysiology*, 64, 190-198.
- Snodgrass, J. G. & Vanderwart, M. (1980). A Standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology*, 6 (2), 174-215.
- Tessier-Lavigne, M. (2000). Visual processing by the retina. En E. R. Kandel, H. J. Schwartz, & T. M. Jessel (Ed.). *Principles of Neural Science*. (pp. 506-526). New York: Elsevier.
- Valdois, S., Bosse, M.L. & Tainturier, M. J. (2004) The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia* 10 (4), 339-363.
- Van Orden, G. C. (1987). A ROWS is a ROSE: Spelling, sound, and reading. *Memory and Cognition* 15, 181–198.
- Vega-Gutiérrez, O. L. (2007). Correlatos electrofisiológicos asociados con reconocimiento ortográfico en niños denominadores lentos. Tesis para la obtención del grado de maestría en Ciencias del Comportamiento, orientación Neurociencias. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Verleger, R. (2003). Event related potential research in neurological patients. En A. M. Proverbio & A. Zani (Ed.), *The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain*. (pp 326-341). New York: Academic Press.

- Vischers, C. Th. W. M., Chwilla D. J. & Kolk, H. H. J. (2006). Monitoring in language perception: The effect of misspelling of words in highly constrained sentences. *Brain Research*, 1106, 150-163.
- Vuilleumier, P. y Armony, J. L. (2001). Effects of Attention and Emotion on Face Processing in the Human Brain: An Event-Related fMRI Study. *Neuron*, 30, 829–841
- Wagner, R. K. & J. K. Torgesen. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin* 101, 192–212.
- Wechsler, D. (2003). Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-III. México, Manual Moderno.
- Whitney, C., 2001. How the brain encodes the order of letters in a printed word: the SERIOL model and selective literature review. *Psychonomic Bulletin and Review* 8, 221–243.
- Wolf, M., Bowers, P.G. & Biddle, K. (2000). Naming-Speed Processes, Timing and Reading: a conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, 33 (4), 387-407.
- Wolf, M., Bowers, P.G.(1999). “The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias”, *Journal of Educational Psychology*, 91(3), pp. 415–438.
- Zeffiro, T. & Eden, G.(2000). The neural basis of developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 50, 3-30.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Correlatos electrofisiológicos asociados con el reconocimiento ortográfico en jóvenes con alto y bajo rendimiento en ortografía.

CON NÚMERO DE REGISTRO ET052009-60

RESPONSABLE Dra. Fabiola Gómez Velázquez

NOMBRE DEL ALUMNO Elizabeth Rodríguez Santillán

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS:

---

---

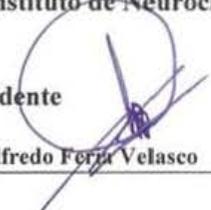
---

---

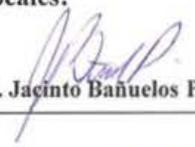
RECHAZADO DEBIDO A: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación, en primera instancia, al comité tutelar y posteriormente al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

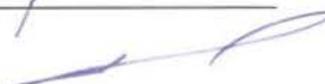
Se emite el presente DICTAMEN el día 4 de Diciembre  
de 2009, firmando los integrantes del Comité de Ética  
del Instituto de Neurociencias.

Presidente  
  
Dr. Alfredo Feria Velasco

Secretaria  
  
Dra. Marisela Hernández González

Vocales:  
  
Dr. Jacinto Bañuelos Pineda

  
Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez

  
Dr. Andrés A. González Garrido

  
Dr. Jorge Juárez González

Cep. Comité Tutelar correspondiente.



# Anexo B, 1

## Tareas para la Selección de la muestra

### Completar Palabras<sup>1</sup>

Evalúa los errores ortográficos asociados con la transparencia grafemática, es decir el uso incorrecto de grafemas que compartan el mismo fonema. En esta tarea se contó el número de errores cometidos.

**Instrucciones: Completa el espacio en blanco con la letra que creas que corresponda.**

**1. b - v**

ri__alidad	mo__ilidad	ad__ersidad	infali__ilidad
__alón	in__erso	re__ozo	o__eso

**2. c - s - z**

adapta__ión	infu__ión	anali__ar	expan__ión
pa__iente	no__ivo	mudan__a	trave__ía

**3. g - j**

ropave__ero	le__endario	a__ilizar	te__edor
elo__iar	a__enciar	conser__e	e__ecutar

**4. con o sin h**

__uerfano	__oblicuo	__usurpador	__uésped
-----------	-----------	-------------	----------

**5. ll - y**

__ega	deste__a	__ugo	__elmo
destru__a	__ema	arru__a	enta__a

## Anexo B, 2

### Dictado de una Carta

Consta de 224 palabras. Evalúa la recuperación de memoria de la ortografía de cada una de las palabras. El dictado de carta se hizo de la misma manera en todos los grupos haciendo pausas en la misma palabra. Se contó en número de palabras modificadas, el número de errores totales (el número de palabras modificadas puede diferir del número de errores totales ya que una palabra puede presentar dos o más errores), los errores totales se conforman por el total de errores (asociados con la transparencia grafemática) y el total de otro tipo de errores (no relacionado con la transparencia grafemática).

**Instrucciones: A continuación voy a dictarte una carta. Debes escribirla cuidando el trazo de tu letra, la ortografía y el uso de signos de puntuación.**

*Guadalajara, Jalisco, / 17 de Septiembre de 2008. /*

*Querida Guadalupe: /*

*Nuestras maestras quieren que nos **hagamos** amigos. / A mí me gusta la idea. ¿Y a ti? /*

***Voy** a contarte lo que me pasó **hace** una semana. / Mi maestra **había** **revisado** los cuadernos de todos / y me pidió que los pusiera en el lugar de cada quien. /*

***Hice** una pila altísima, pero me **tropecé** / y todos los cuadernos se **cayeron**. / ¡**Hubieras** **visto!** / Ya **había** terminado de acomodarlos / cuando **vi** que la directora entró al salón. / **Llevaba** una pila de libros tan alta que apenas podía **ver**. /*

*¿Y sabes qué pasó? / ¡A la pobre le ocurrió lo mismo que a mí! / Se **tropezó** y todos los libros salieron **volando**, / yo le **ayudé** a **recogerlos**. /*

*¡A **hacer** lo mismo otra **vez!** /*

*Entre los dos **acabamos** pronto / y **todavía** pude salir un rato al recreo. /*

*La directora regresó más tarde a mi salón / y frente a todos me dio las **gracias** por **ayudarme**. / Cuando se fue me miró, me guiñó un ojo / y se sonrió conmigo. / Creo que me **hice** su amigo. /*

*Bueno, **escribeme** y cuéntame cómo te **va** en tu escuela. /*

*Muchos saludos de tu amigo por carta. /*

***Álvaro** Rodríguez. /\**

\*Modificado de Gomez-Palacio, M., González-Guerrero, L. V., Iñigo-Dehud, L. S., Morales-García E. C., Moreno-Carbajal, S. Y., Rodríguez-Sánchez, B. y cols (1999). Español tercer grado. (pp. 7). México D.F.: Secretaría de Educación Pública.

Palabras modificadas (224): \_\_\_\_\_ Errores: \_\_\_\_\_ Omisiones: \_\_\_\_\_  
Errores homófonos: \_\_\_\_\_ Otros errores: \_\_\_\_\_

## Anexo B, 3

### Dictado de Palabras

Consta de 42 palabras en las cuales se pueden cometer 50 errores asociados con la transparencia grafemática, ya que ocho palabras contienen dos grafemas susceptibles de error, por ejemplo la palabra prohibir. En esta tarea se contó el total de palabras modificadas, el total de errores, los errores asociados con las transparencia grafemática, otro tipo de errores y fue la única tarea en la cual se contaron los errores de acentuación (omisiones y sustituciones).

**Instrucciones: Te voy a dictar unas palabras. Debes escribirlas cuidando el trazo de tu letra y la ortografía.**

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| <u>1. interés</u>      | <u>26. impresión</u> |
| <u>2. debido</u>       | <u>27. ojalá</u>     |
| <u>3. mezcla</u>       | <u>28. íbamos</u>    |
| <u>4. hacer</u>        | <u>29. alzar</u>     |
| <u>5. vela</u>         | <u>30. ayuda</u>     |
| <u>6. digerir</u>      | <u>31. llegar</u>    |
| <u>7. coherencia</u>   | <u>32. empezar</u>   |
| <u>8. envuelto</u>     | <u>33. hacienda</u>  |
| <u>9. proceso</u>      | <u>34. gente</u>     |
| <u>10. entonces</u>    | <u>35. frase</u>     |
| <u>11. ahora</u>       | <u>36. salvar</u>    |
| <u>12. virus</u>       | <u>37. cayó</u>      |
| <u>13. matriz</u>      | <u>38. sátira</u>    |
| <u>14. tragedia</u>    | <u>39. precoz</u>    |
| <u>15. elevar</u>      | <u>40. llevar</u>    |
| <u>16. fracaso</u>     | <u>41. pasión</u>    |
| <u>17. había</u>       | <u>42. andaban</u>   |
| <u>18. echar</u>       |                      |
| <u>19. parecido</u>    |                      |
| <u>20. habilidad</u>   |                      |
| <u>21. ángel</u>       |                      |
| <u>22. generalizar</u> |                      |
| <u>23. difusión</u>    |                      |
| <u>24. prohibir</u>    |                      |
| <u>25. yunque</u>      |                      |

Palabras modificadas: \_\_\_\_\_

Errores homófonos: \_\_\_\_\_

Errores: \_\_\_\_\_

Otros errores: \_\_\_\_\_

## Anexo B, 4

### Corrección de un Texto

Consta de 273 palabras, se presentan 22 errores, 9 asociados con los grafemas c-s-z (41%), 4 asociados con los grafemas b-v (18%), 5 con el grafema h (23%), 2 con los grafemas g-j (9%), 2 con los grafemas ll-y (9%). El porcentaje asociado con cada uno de los grafemas es arbitrario, no obstante se basa en la frecuencia de errores reportados por el INEE en tercero de secundaria, así como en la frecuencia de cada grafema de acuerdo a nuestro diccionario de frecuencias (véase más adelante tabla 2).

**Instrucciones:** En este texto hay muchos errores porque se cambiaron algunas letras que suenan igual. Escribe con pluma roja, arriba de la palabra, la letra que creas que debería cambiarse.

### Bacterias

Siempre encontrarás bacterias, no importa dónde vallas. Estos pequeños sobrevivientes han evolucionado y se han adaptado a todos los medio ambientes durante los miles de millones de años en que han existido sobre la Tierra. Las vaz a encontrar en las rejiones heladas, en los desiertos, en las selvas tropicales y aún en lugares sin aire. Algunas viven en los medio ambientes más extremos de los volcanes y respiraderos idrotermales del fondo del océano. Las bacterias también viven en el cuerpo humano. En realidad, más de tres mil millones de bacterias viven en una persona sana normal.

Algunas bacterias se mueven por sí mismas, pero ay otras que tienen que ser transportadas de un lugar a otro. Algunas dependen de las mareas de los oséanos, de los caudalosos ríos y de otros cuerpos de agua en movimiento. Las bacterias que causan la tuberculosis, entre otras, viajan en las corrientes de aire cuando una persona infectada toce, estornuda o ríe. Las bacterias también viajan en los animales y utilizan el magnetismo para ir en la dirección correcta.

El primer anti*vi*ótico se produjo por un error de laboratorio. En 1928, el químico inglés Alexander Fleming descubrió que se abían producido bacterias en unos platos petri que abía ob*l*ivado. Decidió des*sa*cerse de los platos al ver que estaban cu*v*iertos de moho y considerar que estaban contaminados, pero en ese momento vio algo peculiar. No había bacterias donde había moho. Muy pronto Fleming llegó a la conclu*ci*ón de que los hongos de penicilina en los platos habían destruido las bacterias. Hoy en día utilizamos la penicilina como un medicamento porque destrulle muchos tipos de bacterias pató*l*enas.

Errores encontrados: \_\_\_\_\_  
Falsos errores: \_\_\_\_\_

Omisiones: \_\_\_\_\_



## Anexo C

### Selección de la Muestra

#### Evaluación del conocimiento ortográfico a nivel de palabras en jóvenes

El objetivo de la evaluación de la ortografía fue seleccionar a los alumnos con base en su conocimiento ortográfico a nivel de palabras y de esta manera formar grupos con distinto nivel de rendimiento, se formaron 4 grupos de estudiantes: 2 grupos con rendimiento promedio, un grupo con alto rendimiento y un grupo con bajo rendimiento.

Se evaluaron un total de 317 estudiantes de nivel medio superior de los cuales 258 (81.4%) pertenecen a preparatorias públicas mientras que 59 (18.6%) pertenecen a preparatorias privadas, de estos 136 (42.9%) son del género masculino y 181 (57.1%) son del género femenino; 289 (91.4%) son diestros y 20 (6.3%) son zurdos; 138 (44.5%) no han tomado cursos extracurriculares de inglés por un periodo mayor a 6 meses, mientras que 172 (55.5%) sí han tomado un curso extracurricular de inglés. El rango de edad de los estudiantes fue de 16 a 20 años, 3 (1%) tenían 16 años, 194 (65.3%) 17 años, 81 (25.6%) 18 años, 14 (4.4%) 19 años y 5 (1.6%) 20 años.

Otra de las variables demográficas evaluadas fue la escolaridad de los padres que se muestra a continuación en rangos asociados con los distintos grados escolares.

Escolaridad	Padre %	Madre %
0-6	8.2	9.5
7-9	14.6	28.5
10-12	24.3	22.4
13-16	42.9	34.8
16-20	10.1	.4

Tabla 7. Porcentaje de los padres de los estudiantes en cada rango de escolaridad.

## Descripción de los Resultados de la Evaluación del Conocimiento Ortográfico a nivel de Palabras

Se aplicaron cinco tareas que evalúan la detección o comisión de errores (asociados con la transparencia grafemática), éstas tareas son: completar palabras, dictado de una carta, redacción libre, dictado de una lista de palabras y corrección de un texto (véase anexo B). Se obtuvo el número de errores homófonos en cada tarea, la mediana y el rango (tabla 8), se muestra para cada tarea el tipo de distribución de errores homófonos (figura 11-15).

Tarea	Mediana	Rango
Completar palabras	5	0-16
Dictado de carta	2	0-26
Redacción libre	0	0-7
Dictado de palabras	2	0-23
Corrección de un texto	5	0-20

Tabla 8. Mediana de errores en las tareas de ortografía.



Figura 11. Distribución de errores en la tarea de completar palabras.



Figura 12. Distribución de errores en la tarea de dictado de carta.

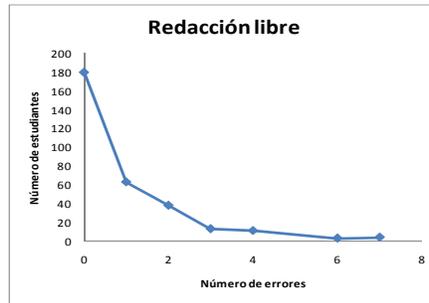


Figura 13. Distribución de errores en la tarea de redacción libre. El número de palabras escritas por los estudiantes fue de 14 a 216.



Figura 14. Distribución de errores en la tarea de dictado de palabras.



Figura 15. Distribución de errores en la tarea de corrección de un texto. En ésta tarea el número de errores corresponde número de omisiones o número de palabras en las que no se detectó el error ortográfico.

El análisis de correlaciones entre la escolaridad del padre y el número de errores homófonos en la tarea de completar oraciones evidencia una correlación negativa estadísticamente significativa al nivel de  $p < 0.05$ , lo que podría indicar que a mayor escolaridad del padre, menor número de errores en ésta tarea. Las correlaciones entre tareas muestran que existe una correlación estadísticamente significativa al nivel de  $p < 0.01$  entre todas las tareas. Lo que indica que a menor número de errores en la tarea de completar palabras menor número de errores en las tareas de dictado de carta, dictado

de palabras, corrección de un texto y redacción libre; y de la misma manera para el resto de las tareas. La correlación más alta entre tareas fue entre la tarea de dictado de carta y dictado de palabras, seguido de la correlación entre dictado de palabras y corrección de un texto (Tabla 9).

	Completar palabras	Dictado Carta Homófonos	Dictado de palabras Homófonos	Corrección de un texto (omisiones)	Redacción libre homófonos
Escolaridad padre	-.141*	-.048	-.098	-.058	-.076
Escolaridad madre	-.091	.035	-.002	.056	-.013
Completar palabras		<b>.507**</b>	<b>.660**</b>	<b>.653**</b>	<b>.333**</b>
Dictado Carta Homófonos			<b>.768**</b>	<b>.627**</b>	<b>.396**</b>
Dictado palabras Homófonos				<b>.702**</b>	<b>.418**</b>
Corrección de un texto (omisiones)					<b>.310**</b>

Tabla 9. Correlaciones existentes entre escolaridad de los padres y rendimiento en tareas de ortografía. \*\*  $p < 0.01$ . \*  $p < 0.05$  (Correlación bivariada de Pearson).

Se realizó un análisis para comparar el número de errores en cada una de las tareas, entre estudiantes que tomaron un curso extracurricular de inglés por más de seis meses ( $n=178$ ), comparados con aquellos que no han tomado dicho curso ( $n=132$ ). La comparación de promedio entre grupos no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las tareas: completar palabras ( $t= .150$   $p=.881$ ,  $gl= 308$ ), dictado de carta ( $t= .716$   $p=.475$ ,  $gl= 304$ ), dictado de palabras ( $t= .671$   $p=.503$ ,  $gl= 308$ ), corrección de un texto ( $t= .879$   $p=.308$ ,  $gl= 308$ ), redacción libre redacción libre ( $t= 1.835$   $p=.068$ ,  $gl= 232$ ). La tabla 10 muestra los promedios por grupo en cada una de las tareas y su desviación estándar (t Student para grupos independientes).

Tarea	Estudiantes con inglés	Estudiantes sin inglés
Completar palabras	5.62 (DE=3.712)	5.68 (DE=3.866)
Dictado de carta	2.46 (DE=3.066)	2.70 (DE=2.703)
Dictado de palabras	3.34 (DE=3.889)	3.64 (DE=3.956)
Corrección de un texto	5.66 (DE=4.216)	6.09 (DE=4.364)
Redacción libre	.71 (DE=1.115)	1.01 (DE=1.603)

Tabla 10. Promedio entre rendimiento de estudiantes con y sin curso de inglés extracurricular.

*La selección de sujetos* que integrarán cada grupo experimental se hizo con base en el número del total de errores homófonos que se obtuvo a partir de la suma de errores homófonos en las cinco tareas mencionadas previamente. Se realizaron cortes por porcentajes en el total de errores homófonos, el primer corte fue a un nivel igual o por debajo del 15% donde se ubican estudiantes que cometen de 2 a 7 errores (60 estudiantes, 18.9% del total de estudiantes) estos serán considerados del grupo de alto rendimiento, el segundo corte fue de entre el 30 y el 70% donde se ubican estudiantes que cometen de 10 a 21 errores (133 estudiantes, 42% del total de estudiantes) quienes serán considerados del grupo promedio y el último corte fue a un nivel igual o por arriba del 85% donde se ubican estudiantes que cometen de 31 a 76 errores (49 estudiantes, 15.5% del total de estudiantes). La figura 16, muestra la frecuencia de estudiantes por el total de errores homófonos.

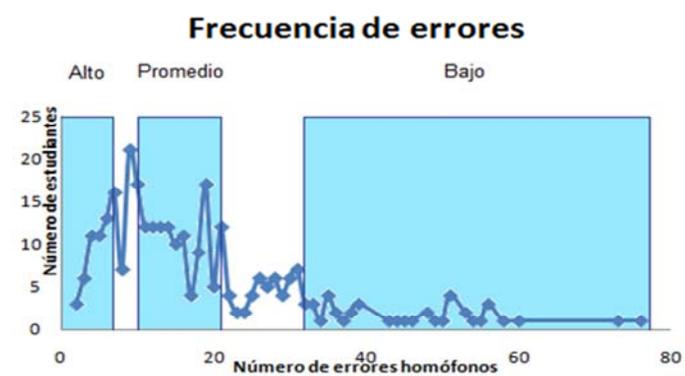


Fig.16 Frecuencia de estudiantes por total de errores homófonos.

Se exploraron los datos obtenidos de libros leídos por año, problemas de atención, de aprendizaje y escolaridad de los padres (Tabla 11). Es interesante resaltar que en el

grupo de alto rendimiento hay dos estudiantes que reportan no leer ningún libro y en el grupo de bajo rendimiento 7 estudiantes reportaron leer más de tres libros por año, lo que sugiere que el aprendizaje de la ortografía de las palabras no puede ser completamente explicado por la sola exposición a las palabras durante la lectura de libros.

Libros leídos por año	Clasificación por rendimiento en ortografía		
	Alto (n=60)	Medio (n=133)	Bajo (n=49)
<b>Ninguno</b>	2 (3.3%)	14 (10.5%)	13 (26.5%)
<b>Menos de tres</b>	24 (40%)	78 (58.6%)	29 (59.2%)
<b>Más de tres</b>	34 (56.7%)	41 (30.8%)	7 (14.3%)

Tabla 11. Número de libros leídos por año por grupo de rendimiento ortográfico.

El porcentaje de estudiantes que reportaron tener muchos *problemas de atención* fue menor en los estudiantes de alto rendimiento; no se observa esta misma distribución en los grupo de rendimiento promedio y bajo rendimiento. En estos dos grupos es mayor el porcentaje de alumnos que manifiestan tener pocos problemas de atención. Con respecto a *problemas de aprendizaje* en el grupo de alto rendimiento ningún estudiante manifestó tener muchos problemas de aprendizaje a diferencia de los estudiantes de rendimiento promedio y bajo rendimiento.

Problemas de:	Clasificación por rendimiento en ortografía		
	Alto (n=60)	Medio (n=133)	Bajo (n=49)
<b>Atención</b>			
Nada	27 (45%)	5 (3.8 %)	6 (12.2%)
Poco	27 (45%)	68 (51.1%)	26 (53.1%)
Mucho	17 (10%)	60 (45.1%)	17 (34.7%)
<b>Aprendizaje</b>			
Nada	36 (60%)	77 (57.9%)	26 (51.3%)
Poco	24 (40%)	51 (38.3%)	21 (42.9%)
Mucho	0	5 (3.8%)	2 (4.1%)

Tabla 12. Problemas de atención y aprendizaje por grupo de rendimiento ortográfico.

## **Resumen de resultados de la evaluación del conocimiento ortográfico a nivel de palabras.**

Existe una alta correlación entre las tareas aplicadas a los estudiantes de preparatoria.

La comparación entre el promedio de errores en las distintas tareas muestra que los estudiantes cometen menos errores ante la tarea de redacción libre, lo cual podría estar relacionado con la posibilidad que tuvieron de elegir las palabras que escribirían para argumentar su punto de vista, las cuales podrían ser aquéllas en las que los estudiantes se sienten más seguros sobre su ortografía correcta.

La dispersión de la frecuencia del total de errores, muestra que es mayor el porcentaje de estudiantes que cometen menos de 30 errores homófonos, comparado con el porcentaje de estudiantes que cometen más de 30 errores en un rango de errores de 2 a 76. Esta dispersión de los datos llevó a elegir a los grupos de rendimiento ortográfico con base en percentiles.

La exploración del número de libros que los estudiantes reportan leer por año sugiere que el alto o bajo rendimiento en ortografía no está dado únicamente por la mayor exposición a la lectura.

## Anexo D

### Consentimiento Informado para Participar en la Investigación

Guadalajara, Jalisco a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

**DR. ANDRÉS ANTONIO GONZÁLEZ GARRIDO  
P R E S E N T E.**

Por medio de la presente autorizo que mi hijo (a) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ participe en el proyecto denominado  
“Exploración electrofisiológica del reconocimiento de patrones visuales de palabras”, el cual fue  
aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de  
Guadalajara. El objetivo general es estudiar la probable relación entre el reconocimiento de  
violaciones ortográficas, la frecuencia de las palabras y la exposición previa a las mismas con la  
actividad eléctrica cerebral.

Se me ha explicado que la participación de mi hijo (a) consistirá en asistir a dos sesiones  
de aproximadamente 2 horas de duración en las instalaciones del Instituto de Neurociencias. En  
dichas sesiones se realizarán pruebas de lápiz y papel sobre la velocidad y comprensión  
lectora, así como una versión corta de la escala de inteligencia WAIS.

Para el registro electrofisiológico se me explicó que mi hijo (a) no corre peligro alguno, que no  
se le administrará ningún tipo de medicamento, y que no se realizará ningún procedimiento que  
ponga en riesgo la salud física o emocional de mi hijo (a). En caso de requerirlo, el Dr. Andrés  
González Garrido se compromete a responder todas las dudas que surgieran sobre el  
procedimiento mencionado.

Consiento de manera voluntaria en la participación de mi hijo (a) siempre y cuando podamos  
desistir de la misma en cualquier momento, y se mantengan en estricta confidencialidad  
nuestros nombres y cualquier información que proporcionemos. Este consentimiento no libera a  
los investigadores o a la institución de su responsabilidad ética con nosotros.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del padre o tutor.

## Anexo E

**CUESTIONARIO NEUROLÓGICO**  
LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA, INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **CODIGO:** \_\_\_\_\_

**FECHA NAC:** \_\_\_\_\_ **EDAD:** \_\_\_\_\_ **GRADO:** \_\_\_\_\_ **MANUALIDAD:** \_\_\_\_\_

**TELÉFONOS:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_\_\_

➤ **DESARROLLO:**

Considera que fue normal el desarrollo: \_\_\_\_\_

Del lenguaje: \_\_\_\_\_

Motor: \_\_\_\_\_

Adaptación a la escuela: \_\_\_\_\_

Ha recibido tratamiento de: \_\_\_\_\_

Terapeuta de aprendizaje: \_\_\_\_\_

Psicólogo: \_\_\_\_\_ Psiquiatra: \_\_\_\_\_

Neurólogo: \_\_\_\_\_ Neurocirujano: \_\_\_\_\_

Motivo: \_\_\_\_\_

➤ **ANTECEDENTES PATOLÓGICOS:**

- Al momento del nacimiento presentó hipoxia o ictericia: \_\_\_\_\_

- Traumatismo cráneo-encefálico SI \_\_\_ NO \_\_\_ Edad al momento del evento: \_\_\_\_\_

Pérdida de conciencia SI \_\_\_ NO \_\_\_ Duración: \_\_\_\_\_ Secuelas: \_\_\_\_\_

- Cefalea SI \_\_\_ NO \_\_\_ Frecuencia: \_\_\_\_\_

- Crisis convulsivas SI \_\_\_ NO \_\_\_ Frecuencia: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

Tratamiento: \_\_\_\_\_

- Actualmente toma medicamento: SI \_\_\_ NO \_\_\_ Cuál: \_\_\_\_\_

Diagnóstico y tiempo de tratamiento: \_\_\_\_\_

- Necesita lentes, aparato para oír o tiene alguna dificultad para mover o usar alguna de sus extremidades: \_\_\_\_\_

- Algún familiar directo presentó en su infancia dificultades para aprender a leer o problemas de atención. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<b>INVENTARIO DE MANUALIDAD DE EDIMBURGO</b>					
	Siempre izquierda	Preferentemente izquierda	Sin preferencia	Preferentemente derecha	Siempre derecha
Escribir					
Lanzar un objeto					
Lavarse los dientes					
Utilizar un cuchillo					
Comer con la cuchara					
Encender un cerillo					
Usar el mouse					
Cortar con tijeras					

## Anexo F, 1

### Lista de Estímulos Reconocimiento de Violaciones Ortográficas con Contexto

	<b>IMAGEN</b>	<b>ESTÍMULO</b>			
			37	QUESO	QUESO
1	ABEJA	ABEJA	38	REGALO	REGALO
2	AGUJA	AGUJA	39	TAMBOR	TAMBOR
3	ANILLO	ANILLO	40	TAZA	TAZA
4	CABALLO	CABALLO	41	TORTUGA	TORTUGA
5	CADENA	CADENA	42	VELA	VELA
6	CARTAS	CARTAS	43	VESTIDO	VESTIDO
7	CASA	CASA	44	APIO	APIO
8	CORONA	CORONA	45	ARPA	ARPA
9	DADO	DADO	46	BALLENA	BALLENA
10	FLORES	FLORES	47	BARRIL	BARRIL
11	LUNA	LUNA	48	CANASTA	CANASTA
12	MESA	MESA	49	LÁPIZ	LÁPIZ
13	NUBE	NUVE	50	CHALECO	CHALECO
14	PATA	PATA	51	COLUMPIO	COLUMPIO
15	PATO	PATO	52	CORBATA	CORBATA
16	REGLA	REGLA	53	CRAYOLA	CRAYOLA
17	ARBOL	ÁRBOL	54	CUCHARA	CUCHARA
18	BOTA	BOTA	55	DESARMADOR	DESARMADOR
19	BURRO	BURRO	56	DONAS	DONAS
20	CAMPANA	CAMPANA	57	DRAGON	DRAGON
21	CARACOL	CARACOL	58	ESTUFA	ESTUFA
22	COHETE	COHETE	59	FALDA	FALDA
23	COLLAR	COLLAR	60	FLAUTA	FLAUTA
24	ESCOBA	ESCOBA	61	FOCA	FOCA
25	FOCO	FOCO	62	GORRA	GORRA
26	GRILLO	GRILLO	63	GUSANO	GUSANO
27	HILO	HILO	64	JARRA	JARRA
28	HONGO	HONGO	65	LEOPARDO	LEOPARDO
29	HORMIGA	HORMIGA	66	PARAGUAS	PARAGUAS
30	LLAVE	LLAVE	67	PIÑA	PIÑA
31	MOSCA	MOSCA	68	PIÑATA	PIÑATA
32	MUÑECA	MUÑECA	69	PAPALOTE	PAPALOTE
33	OREJA	OREJA	70	REGADERA	REGADERA
34	PELOTA	PELOTA	71	TROMPETA	TROMPETA
35	PIANO	PIANO	72	TROMPO	TROMPO
36	PLUMA	PLUMA			

## Anexo F, 2

### Lista de Estímulos Reconocimiento de Violaciones Ortográficas con Contexto

	<b>IMAGEN</b>	<b>ESTÍMULO</b>			
1	BANCO	VANCO	37	PAYASO	PALLASO
2	BARCO	VARCO	38	PEZ	PES
3	BOCA	VOCA	39	POZO	POSO
4	BRAZO	BRASO	40	VACA	BACA
5	CASTILLO	CASTIYO	41	ZANAHORIA	ZANAORIA
6	CERCA	SERCA	42	VIRGEN	VIRJEN
7	ESTRELLA	ESTREYA	43	ÁNGEL	ANJEL
8	HIELO	IELO	44	AVESTRUZ	ABESTRUZ
9	HOJA	OJA	45	BLUSA	BLUZA
10	HUEVO	UEVO	46	BUHO	BUO
11	LIBRO	LIBRO	47	CACAHUATE	CACAUATE
12	OJO	HOJO	48	CALCETIN	CALSETÍN
13	VASO	BASO	49	CAMELLO	CAMEYO
14	VENTANA	BENTANA	50	CEBOLLA	CEBOYA
15	ZAPATO	SAPATO	51	CENICERO	CENISERO
16	CORAZÓN	CORASÓN	52	CEPILLO	SEPILO
17	AVIÓN	ABIÓN	53	CEREZA	CERESA
18	ARDILLA	ARDIYA	54	CHIVO	CHIBO
19	BALÓN	VALÓN	55	CIGARRO	SIGARRO
20	BANDERA	VANDERA	56	CINTURÓN	SINTURÓN
21	BICICLETA	BISICLETA	57	CISNE	SISNE
22	BOLSA	VOLSA	58	DURAZNO	DURASNO
23	BOTELLA	BOTEYA	59	HACHA	ACHA
24	CALABAZA	CALABASA	60	HERRADURA	ERRADURA
25	CEBRA	ZEBRA	61	JIRAFÁ	GIRAFÁ
26	CLAVO	CLABO	62	JITOMATE	GITOMATE
27	GALLINA	GAYINA	63	MARTILLO	MARTIYO
28	GALLO	GAYO	64	PINCEL	PINSEL
29	GLOBO	GLOVO	65	POLLITO	POYITO
30	HONGO	ONGO	66	SALERO	ZALERO
31	HUESO	UESO	67	TORNILLO	TORNIYO
32	MANZANA	MANSANA	68	UVAS	UBAS
33	MARIPOSA	MARIPOZA	69	VENADO	BENADO
34	NARIZ	NARIS	70	VIOLÍN	BIOLÍN
35	OSO	OZO	71	ZORRILLO	SORRILLO
36	PASTEL	PAZTEL	72	ZORRO	SORRO

## Anexo F, 3

### Lista de Estímulos Reconocimiento de Violaciones Ortográficas con Contexto

	<b>IMAGEN</b>	<b>ESTÍMULO</b>			
1	BROCHA	MANCHA	44	ÁGUILA	PUPILA
2	CAMA	CANAL	45	ARAÑA	CABAÑA
3	CAMISA	CAMINO	46	BORREGO	BORRADOR
4	DEDO	DADO	47	MECEDORA	LAVADORA
5	ELOTE	ELEFANTE	48	CAJA	PAJA
6	ESCRITORIO	ESCUELA	49	CANGREJO	CÁNTARO
7	GATO	GOTA	50	CARREOLA	CAMELLO
8	LATA	PATA	51	CASCO	CASINO
9	METRO	MÉDICO	52	CHANGO	GANCHO
10	MOLINO	CAMINO	53	RAQUETA	MACETA
11	PALETA	PAPEL	54	COCODRILO	COCOTERO
12	PINGUINO	PINTURA	55	COPA	LUPA
13	PLÁTANO	PLACA	56	CUCHILLO	BOLILLO
14	PUERTA	PUERTO	57	DULCE	DUELA
15	RANA	RAMA	58	ELEFANTE	ELEVADOR
16	SANDIA	SANGRE	59	FLECHA	FLEMA
17	SOMBRERO	SOLDADO	60	GANCHO	GANSO
18	TUERCA	PUERTA	61	GORILA	GORRA
19	BOTE	BOTA	62	GUANTE	GANSO
20	BURRO(Plancha)	BRUJO	63	GITARRA	CIGARRA
21	CAÑÓN	LIMÓN	64	LANGOSTA	LÁMPARA
22	CARRETILLA	SEMILLA	65	FRESA	COFRE
23	CONEJO	CONCRETO	66	MALETA	BOLETA
24	BOTON	CARTÓN	67	MAPACHE	MACHETE
25	ESCALERA	ESPEJO	68	MONTAÑA	PESTAÑA
26	JARRÓN	JABÓN	69	PANTALON	PANTERA
27	LÁMPARA	LÁMINA	70	PERA	PESA
28	LIMON	LIGA	71	PIPA	PINZA
29	MOCHILA	MOSCA	72	RODILLO	ARMADILLO
30	MOÑO	MONO			
31	PINZAS	PANZA			
32	PISTOLA	CARREOLA			
33	PLANCHA	PÁJARO			
34	PULPO	PULGAR			
35	PURO	PUMA			
36	RATON	RAMO			
37	RELOJ	REINA			
38	SILLA	SAPO			
39	TENEDOR	TERMINAL			
40	TENIS	TELA			
41	TIJERAS	TIGRE			
42	HELADO	PESCADO			
43	ANCLA	ALGA			