



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN PSICOLOGÍA AREA: NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA

PROCESAMIENTO FONOLÓGICO Y SEMÁNTICO DURANTE LA COMPRESIÓN
AUDITIVA DE ORACIONES: ESTUDIO CON POTENCIALES RELACIONADOS CON
EVENTOS (PRE) EN NIÑOS NORMALES Y EN NIÑOS CON TRASTORNOS DE
APRENDIZAJE.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A :
REYNA MARGARITA BRAVO CAMPOS

DIRECTOR DE TESIS: DR. MARIO A. RODRÍGUEZ CAMACHO

COMITÉ TUTORAL: DRA. MARÍA A. CORSI CABRERA
DRA JOSEFINA RICARDO GARCELL
DRA DOLORES RODRÍGUEZ ORTIZ
DR. JORGE BERNAL HÉRNANDEZ
DRA. ERZSEBET MAROSI HOLCZBERGER



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A Mario por ser un gran ejemplo para mí como investigador y mostrarme el respeto y la pasión por la ciencia, agradezco enormemente su apoyo, cariño tiempo y dedicación.

A mis tutoras por su apoyo cariño y paciencia y por iniciarme en el camino de la investigación, disfrute enormemente trabajar con ellas y aprendí que el conocimiento es la fuerza que nos puede guiar en la vida.

**A mis hijos: Mí amada Alex por la bendición de tenerla cerca de mí.
En feliz memoria de mi niño Adán José.**

A José por su apoyo incondicional.

A Belén porque siempre me sentí cobijada con su amistad y por todo el apoyo que recibí.

A Guillermina por su amistad y porque me permitió conocer un equipo de trabajo productivo, los cuales fueron un gran ejemplo.

A mis compañeros de doctorado.

A los niños que participaron en este trabajo

Este trabajo fue apoyado por DGAPA PAPIIT UNAM No. IN303507 y CONACyT 59066

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	7
TRASTORNOS DE APRENDIZAJE	8
TRASTORNO ESPECÍFICO DE APRENDIZAJE DE LA LECTURA.	9
PROCESOS COGNOSCITIVOS AFECTADOS EN NIÑOS CON TL.	10
MODELOS COGNOSCITIVOS DE LA LECTURA	12
PROCESAMIENTO FONOLÓGICO	13
PROCESAMIENTO SEMÁNTICO	16
ESTRUCTURAS NEUROANATOMICAS INVOLUCRADAS EN EL LENGUAJE	20
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	21
PERCEPCION DEL HABLA	27
POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS (PRE)	32
DEFINICION Y GENERALIDADES	32
LOS PRE Y EL PROCESAMIENTO SEMÁNTICO: EL COMPONENTE N400.	33
EL COMPONENTE N400 EN NIÑOS	35
EL COMPONENTE N400 AUDITIVO	37
N400 AUDITIVO EN NIÑOS	40
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	42
JUSTIFICACIÓN	43
HIPÓTESIS Y OBJETIVO	44
METODO	43
Sujetos	46
Escenario	47
Instrumentos	47
Datos Conductuales utilizados como criterios de selección de los grupos	48
Batería Neuropsicológica	48
Estudio conductual de la expectancia semántica de oraciones en niños.	50
Diseño de oraciones	50
Análisis de las Respuestas	51
Paradigma de estimulación para obtención de los PRE	53
Registro de PRE a los cuatro tipos de oraciones	53
Procedimiento	55
Análisis de Datos	55
Conductuales	55
Electrofisiológicos	55
RESULTADOS	57
Conductuales	57
Medidas Electrofisiológicas.	59
RESULTADOS CON EL OMNIBUS ANOVA	61
PMN	61
N400	64
ANOVA-RM PARA EL GRUPO CONTROL	65
PMN	65

N400	66
ANOVA-RM PARA EL GRUPO TL	67
PMN	67
N400	67
DISCUSIÓN	68
Resultados Conductuales del Registro de los Potenciales Relacionados con Eventos.	69
Resultados Electrofisiológicos.	70
REFERENCIAS	76
ANEXOS	84
Anexo 1	84
Anexo 2	86

PROCESAMIENTO FONOLÓGICO Y SEMÁNTICO DURANTE LA ESCUCHA DE ORACIONES: ESTUDIO CON POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS EN NIÑOS NORMALES Y EN NIÑOS CON TRASTORNOS DE APRENDIZAJE.

Los trastornos de aprendizaje de la lectura son comunes en la infancia. La psicología cognoscitiva sitúa su causa en deficiencias en el procesamiento fonológico, y también valoraciones neuropsicológicas señalan dificultades en el procesamiento semántico. La prevalencia de este trastorno es del 6 al 7% de la población escolar general. Se considera que 4 de cada 5 niños con trastorno de aprendizaje presentan trastorno de aprendizaje de la lectura. El aprendizaje de la lectoescritura se fundamenta en el desarrollo óptimo del lenguaje oral, tanto a nivel comprensivo como expresivo, por tal razón, se justifica el estudio de la comprensión oral en niños con trastorno de aprendizaje de la lectura.

Los potenciales relacionados con eventos (PRE) son una técnica de estudio de la actividad eléctrica cerebral que consiste en cambios en los patrones de voltaje de dicha actividad, que están ligados en el tiempo a eventos sensoriales, motores o cognoscitivos; tienen un alto grado de resolución temporal y se han utilizado para el estudio de los trastornos de aprendizaje de la lectura, aunque son escasas las investigaciones sobre la comprensión auditiva en niños con trastornos de aprendizaje. Los PRE permiten la evaluación del procesamiento fonológico y semántico de oraciones presentadas auditivamente, mediante el monitoreo de dos componentes llamados: N200 (o Negatividad de disparidad fonológica-PMN-) y N400, asociados al procesamiento fonológico y semántico respectivamente. El objetivo de este trabajo fue analizar mediante PRE a niños con trastorno de lectura y niños lectores normales, y estudiar los mecanismos fonológico-semánticos empleados durante la comprensión auditiva de oraciones. Participaron 29 niños de sexo masculino de entre 9 y 12 años, clasificados de acuerdo a la Batería Neuropsicológica para Niños con Trastorno de Aprendizaje de la Lectura en dos grupos: Lectores normales (n=14) y Trastornos de Lectura (n=15). El diseño experimental consistió en el registro de los PRE durante la presentación auditiva de un corpus de 276 oraciones, con 4 condiciones experimentales donde la palabra final era: 1.-fonológicamente esperada-semánticamente congruente; 2.- fonológicamente esperada-semánticamente incongruente (con el mismo fonema inicial de la completación congruente); 3.-fonológicamente inesperada- semánticamente congruente, y 4.-fonológicamente inesperada-semánticamente incongruente (con fonema inicial distinto de la completación congruente). Para los cuatro tipos de oraciones y para los dos grupos, se encontró una onda negativa que se inició alrededor de los 200 ms y se prolongó hasta los 700 ms. Esta negatividad fue mayor para las oraciones tipo 2 y 4 respecto a la tipo 1 (efecto N400). En cuanto al componente N200 o PMN fue difícil de detectar, pues su morfología no fue clara y no siguió el comportamiento descrito en los adultos. El efecto N400 fue similar para ambos grupos de niños, esto puede sugerir que la comprensión auditiva del lenguaje es similar en lectores normales y niños con trastorno de lectura. Este hallazgo contrasta con lo que se ha reportado en estudios con PRE durante la lectura de

oraciones, donde los niños con trastornos de la lectura no muestran dificultades en el procesamiento semántico.

Se concluye que los niños con trastorno de la lectura no tienen problemas en el procesamiento semántico de oraciones presentadas auditivamente.

ABSTRACT

PHONOLOGIC AND SEMANTIC PROCESSING DURING SENTENCE LISTENING: A STUDY WITH EVENT-RELATED BRAIN POTENTIALS IN NORMAL AND LEARNING DISABLED CHILDREN.

Disorders of learning to read are common in childhood. Cognitive Psychology points out its cause in deficiencies in phonological processing, and neuropsychological assessments also point to difficulties in semantic processing. The prevalence of this disorder is 6 to 7% of the general school population. It is considered that 4 of every 5 children with learning disorders present reading disorders. Literacy learning is based in the optimal development of oral language, both comprehensive and expressive, for that reason, it is justified the study of oral comprehension in children with reading disorders.

Event-related brain potentials (ERP), is a technique of study of brain electrical activity that involves changes in voltage patterns that are time-locked to sensory, motor or cognitive events; ERP have a high degree of temporal resolution and have been used to study reading disorders, although research on auditory comprehension in children with learning disabilities is scarce. ERP allow the evaluation of phonologic and semantic processing of auditory presented sentences by monitoring two components called: N200 (or Phonological Mismatch Negativity-PMN) and N400, associated with phonological and semantic processing, respectively. The objective of this work was to analyze phonological-semantic mechanisms employed during auditory comprehension of sentences in normal and reading disabled children, by means of ERP. Subjects were 29 male children aged 9 to 12 years, classified according to the Neuropsychological Battery for Children with Reading Disorders into two groups: Normal Readers (n=14) and Reading Disorders (n=15). Experimental design included the recording of ERP during the auditory presentation of a corpus of 276 sentences with four experimental conditions, where the final word was: 1.- phonologically expected-semantic ally congruent; 2.- phonologically expected-semantic ally incongruent (with the same initial phoneme of a congruent completion); 3.- phonologically unexpected-semantic ally congruent , and 4.- phonologically unexpected-semantic ally incongruent (with a different initial phoneme of a congruent completion). For the four sentences types and for the two groups of children, there was a negative wave that began around 200 ms and lasted until 700 ms. This negativity was larger for sentences type 2 and 4 respect to type 1 (this is the N400 effect). N200 or PMN was difficult to detect in the ERP, since its morphology was not clear and did not follow the behavior described in adults. The N400 effect was similar for both groups of children, this may suggest that the auditory comprehension of language is similar in normal readers and reading disabled children. This finding is a contrast to reports of ERP studies of sentence reading, where reading disabled children did not showed the N400 effect. It is concluded that ERP of reading disabled children did not showed difficulties with semantic processing of auditory presented sentences.

TRASTORNOS DE APRENDIZAJE

A pesar de que los trastornos de aprendizaje han sido extensamente estudiados continúan siendo un campo controversial, frecuentemente la controversia inicia desde la propia denominación. Ardila y Roselli (1997) mencionan entre los sinónimos más frecuentes los siguientes términos: niños con dificultades de aprendizaje, retardos de aprendizaje, trastornos específicos del desarrollo, discapacidades en el aprendizaje, disléxicos o disléxicos del desarrollo, términos que frecuentemente aunque incorrectamente se utilizan de manera intercambiable.

De acuerdo a los reportes de la literatura especializada en este padecimiento, los trastornos de aprendizaje (TA) son los más frecuentes de los trastornos del desarrollo. Los TA se refieren a la incapacidad para desarrollar habilidades específicas como la lectura, la aritmética y el lenguaje, a pesar de que el sujeto cuente con una adecuada instrucción educativa y tenga un funcionamiento neurológico intacto. El National Joint Committee for Learning Disabilities (NJCLD, 1988), define los problemas de aprendizaje de la siguiente manera: *"Dificultades de aprendizaje es una denominación genérica que se refiere a un grupo heterogéneo de trastornos que se manifiestan en dificultades significativas al adquirir y usar las capacidades de escuchar, hablar, leer, escribir, de razonamiento o matemáticas. Estos trastornos son intrínsecos al individuo, se supone que se deben a una disfunción del sistema nervioso central y pueden darse a lo largo de la vida. Aunque los trastornos de aprendizaje pueden ocurrir conjuntamente con otras condiciones incapacitantes (por ejemplo alteraciones sensoriales, retardo mental, perturbación social y emocional) o con influencias extrínsecas tales como deficiencias económicas, culturales, sociales, instrucción insuficiente o inapropiada, no son el resultado de estas condiciones o influencias"* (NJCLD, 1988, en Moats y Lyon, 1993).

En México, la Dirección General de Educación Especial admite que aproximadamente un 10% del total de la población en edad escolar requiere de sus servicios. De la población atendida por dicha dirección, dos terceras partes corresponden a los TA, por lo que se puede inferir que la prevalencia de los TA en nuestro país se encuentra entre un 6 y 7% de la población escolar general (Fletcher y Kaufman, 1995).

TRASTORNO ESPECÍFICO DE APRENDIZAJE DE LA LECTURA.

Dentro de los TA, el trastorno específico de aprendizaje de la lectura (TL) es el de mayor prevalencia, pues se considera que 4 de cada 5 niños con TA lo presenta. El Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-IV) (Asociación Psiquiátrica Americana [APA], 2000) clasifica a un sujeto con trastorno de lectura, cuando su nivel de lectura se encuentra significativamente por debajo de lo esperado dada su edad, CI y nivel educativo.

Aunque esta definición no considera la existencia de subtipos de trastorno de lectura, existen numerosas investigaciones neuropsicológicas que enfatizan la heterogeneidad de las características presentes en este tipo de trastornos, proponiéndose así varios subtipos dentro de los TL. Un tema que se ha debatido en este campo, es si existe un grupo único de TL con diferentes grados de dificultad en la lectura o si en realidad existen subgrupos de niños con características cualitativamente diferentes (Rodríguez, Prieto, Bernal, Marosi, Yañez, Harmony, Silva-Pereyra, Hernández, Fernández-Bouzas, Rodríguez, Luviano y Guerrero, 2006).

En este trabajo utilizaremos la clasificación de Rayner y Pollastsek (1989) que consideran tres subgrupos dentro de los TL, clasificados de acuerdo a su rendimiento en pruebas estandarizadas de lectoescritura: a) "lectores deficientes" (LD) ("poor readers") quienes conforman el 13% de la población escolar en E.U., tienen un CI normal, y en dichas pruebas obtienen puntajes que se encuentran entre una y dos desviaciones estándar por debajo de la norma. En este trabajo, se denominará a estos niños como TL; b) "lectores disléxicos", que representan el 2% de los niños en edad escolar, muestran CI normal y puntajes de dos o más desviaciones estándar por debajo de la norma y c) "lectores atrasados", quienes muestran un bajo nivel de lectura asociado a un bajo nivel de inteligencia. Otros autores como Badian (1996), Perfetti (1985) y Stanovich (1988) solo distinguen entre disléxicos y lectores deficientes, y algunos como Mann (1998) no distinguen ningún subgrupo. Así, aunque se cuestiona la existencia de subgrupos dentro de los TL, por el momento la evidencia apunta hacia la existencia de al menos dos subgrupos: *los lectores deficientes y los disléxicos*. La solución de esta controversia llevaría –entre otras cosas- al conocimiento

de los factores que propician este tipo de trastornos y por ende al diseño de mejores estrategias de intervención.

No obstante la alta incidencia de lectores deficientes en la población infantil, los estudios sobre los trastornos de lectura se han centrado principalmente en los disléxicos a quienes se ha estudiado desde diversos puntos de vista (neuropsicológico, electrofisiológico, neuroanatómico y genético), mientras que la mayoría de los estudios realizados en los lectores deficientes se circunscriben al área de la neuropsicología.

PROCESOS COGNOSCITIVOS AFECTADOS EN NIÑOS CON TL.

Diversos reportes de la literatura concluyen que los niños con TL son un grupo heterogéneo, pues sus deficiencias pueden hallarse en diversas etapas del procesamiento de la información por el sistema nervioso. Así algunos niños con TL muestran mayores deficiencias en los procesos de atención, otros en los de la memoria de trabajo y otros en el procesamiento lingüístico. Por esta razón la clasificación, diagnóstico y tratamiento precisos de este trastorno requieren de métodos que incidan en la valoración específica de los procesos subyacentes a la adquisición de lectura.

Neuropsicológicamente y comparados con los lectores normales, a los TL se les ha caracterizado como menos sensibles a la estructura ortográfica, mas lentos en la denominación de palabras, ineficientes en el uso de los códigos del habla para procesar los estímulos lingüísticos, deficientes en las tareas de conciencia fonológica, mas dependientes del contexto para codificar palabras, ineficientes para usar la estructura sintáctica, deficientes para recordar textos, con poca memoria a corto plazo, etc. (Perfetti, 1985).

En tanto que los disléxicos son descritos con deficiencias en el procesamiento visual y auditivo (particularmente en el procesamiento de secuencias rápidas de estímulos), con limitaciones en el uso de recursos cognoscitivos y en el entendimiento del lenguaje, presentan alteraciones en el procesamiento fonológico, en la memoria de corto plazo y de trabajo. Además tienen anormalidades en los procesos de fijación de los ojos mientras leen, lo que los puede llevar a confusiones durante el reconocimiento de letras (Haberlandt, 1997).

Desde el punto de vista de las causas que llevan a los trastornos de lectura, existen indicios de que éstas pueden ser distintas en cada caso, pues a diferencia de los disléxicos, los LD no muestran antecedentes de dificultad en la adquisición del lenguaje previas a sus dificultades de lectura (Tallal, Miller y Fitch, 1993; Anderson, Brown y Tallal, 1993) ni se han reportado en ellos anomalías en la arquitectura cerebral (Habib, 2000), además de que aparentemente sus fallas en la lectura tienden a aminorar con la edad (Anderson et al., 1993), lo que no sucede en la dislexia.

También existe abundante evidencia de fallas en el procesamiento fonológico en niños con TL sean disléxicos o LD (Beitchman y Young, 1997); se han señalado asimismo sus deficiencias en la memoria de trabajo (Swanson y Sachse, 2001). Para los disléxicos, se ha postulado un "déficit en el procesamiento secuencial temporal" de estímulos que demandan un tratamiento rápido como son los lingüísticos, como la causa de sus problemas perceptuales, motores y cognoscitivos (Habib, 2000; Tallal, 1993); en tanto que Stanovich (1988) propuso que un retraso en la maduración (selectivo para las habilidades de lectura) podría explicar las deficiencias de los LD. Esta hipótesis supone que los niños con TL son más lentos que los normales para adquirir ciertas habilidades relacionadas con la lectura, y no cualitativamente distintos. Algunos estudios sobre la actividad electroencefalográfica en estos niños, han descrito signos de un patrón inmaduro de EEG compatible con esta teoría (Harmony, Marosi, Becker, Rodríguez, Reyes, Fernández, Silva, 1995). A pesar de las descripciones anteriores, no existe actualmente una hipótesis explícita sobre las causas biológicas de las deficiencias presentes en los TL.

Es posible concluir que aunque los disléxicos y TL comparten procesos cognoscitivos afectados, Stanovich (1988) propuso que el déficit central de los trastornos de la lectura en ambos grupos es una deficiencia en el procesamiento fonológico, y afirma que en los lectores deficientes este déficit es menor que en los disléxicos.

Sin embargo, no solo el procesamiento fonológico se encuentra afectado en los TL pues se han reportado en ellos deficiencias en su habilidad semántica (Vellutino, Scanlon, Spearing, 1995) y en su procesamiento sintáctico del lenguaje (Byrne, 1981).

MODELOS COGNOSCITIVOS DE LA LECTURA.

De la variedad de modelos reportados acerca del procesamiento de la lectura, utilizamos uno que ha sido derivado de las aportaciones de la psicología cognoscitiva, la neuropsicología cognoscitiva y de la neurolingüística, porque explican de forma integral el proceso, y señala cuatro grandes módulos que participan en la lectura, a saber: perceptivo, léxico, sintáctico y semántico (Cuetos, 1990), que se describen a continuación breve y esquemáticamente. El módulo perceptivo incluye los procesos de extracción de información, lo relacionado con la memoria icónica y los de la memoria de trabajo para efectuar tareas de reconocimiento y un análisis lingüístico temprano; el módulo léxico tiene por función recuperar el concepto asociado a la unidad lingüística, utilizando ya sea la ruta directa (visual) o la ruta indirecta (transformación grafema-fonema). El módulo sintáctico se relaciona con las reglas que describen la colocación de los constituyentes gramaticales para formar frases aceptables en un idioma determinado.

Finalmente, el módulo semántico se encarga de integrar al léxico las diferentes palabras en una forma coherente de la que se pueda extraer el significado del mensaje, más allá de lo que cada una de sus partes represente. De acuerdo a la forma en que los módulos antes citados se interrelacionan, se han postulado dos modelos de funcionamiento: a) El serial o autónomo (Fodor, 1983), en el que el sistema de procesamiento del lenguaje tiene un carácter modular, encapsulado, donde cada módulo se encarga de una tarea lingüística en particular y dirige su información en una sola dirección. Un ejemplo de este modelo, es el propuesto por Ellis y Young, (1992). El otro modelo b) paralelo o interactivo compensatorio, supone que el procesamiento fluye tanto de los niveles inferiores a superiores como en sentido opuesto, en forma simultánea o alternada. En este modelo, se da una síntesis de información de todos los niveles durante el proceso de la lectura, por lo que en un nivel superior se puede compensar la deficiencia de un nivel inferior -así los problemas de decodificación pueden compensarse en el nivel semántico- (Stanovich, 1984).

Estos modelos se han puesto a prueba para determinar la forma en que se procesa el lenguaje a través de varios métodos y técnicas (Canseco-González, 2000; Rodríguez et al., 2006) Uno de estos métodos es el registro de Potenciales Relacionados con Eventos.

PROCESAMIENTO FONOLÓGICO

La evidencia generada en los últimos 30 años señala la importancia que tienen las habilidades del procesamiento fonológico en la adquisición de la lectura. (Mody, 2003; Torgesen, Wagner, Rashote, 1994).

La comprensión auditiva es un proceso complejo que involucra la percepción auditiva de signos orales, los cuales se deben descifrar e interpretar bajo un código lingüístico. La relación entre lenguaje oral y escrito se encuentra en el habla ya que hablamos articulando silabas pero escribimos y leemos letras (grafemas) que representan fonemas (sonidos). Por lo tanto se deben decodificar las secuencias fónicas que se escuchan para acceder a su significado y codificarlas de nuevo para emitir o escribir palabras. Las dificultades en la lectura se presentan en el momento de reconocer e identificar los grafemas y poder coarticularlos realizando la conversión del grafema al fonema (y para la escritura proceder a la inversa, realizando la conversión del fonema al grafema) (Bryant, 2002).

La conciencia fonológica es la habilidad metalingüística dirigida a comprender que un sonido o fonema está representado por un grafema o signo gráfico que a su vez, si se combina con otros forman unidades sonoras y escritas que permiten construir una palabra que posee un determinado significado.

En este contexto la conciencia fonológica facilita la transferencia de la información grafica a una información verbal, no solo favorece la comprensión de las relaciones entre fonemas y grafemas sino además les posibilita descubrir cómo actúan los sonidos dentro de las palabras.

La hipótesis del déficit fonológico para la dislexia plantea que la comprensión y la adquisición del código alfabético requieren la habilidad para segmentar la cadena del habla en unidades del tamaño del fonema y ponerlos en correspondencia con su representación escrita. Estas habilidades permiten reflexionar sobre la estructura y función del lenguaje escrito, esta sensibilidad a la estructura sublexical de las palabras permite acceder rápidamente a los fonemas, lo que facilita aplicar la regla de conversión grafema fonema (Bryant, 2002). Esta regla es indispensable para aprender

a leer en los sistemas de escritura alfabética pero no es necesaria para aprender a hablar.

Podemos concluir que el aprendizaje de la lectoescritura se fundamenta en el desarrollo óptimo del lenguaje oral, tanto a nivel comprensivo como expresivo por tal razón, se justifica el estudio de la comprensión oral en niños con trastorno de aprendizaje de la lectura.

A grandes rasgos, puede decirse que el procesamiento fonológico se refiere al uso de información fonológica en el procesamiento del lenguaje oral o escrito, es decir a las operaciones mentales que un individuo presenta al hacer uso de la estructura del sonido del lenguaje cuando está aprendiendo cómo decodificar el lenguaje escrito.

De acuerdo a Torgesen et al. (1994), existen tres clases de habilidades fonológicas que han sido más extensamente estudiadas:

1.-La conciencia fonológica, conciencia explícita o metaconocimiento fonológico, la cual se define como la capacidad para aislar y manipular todas las formas de las unidades del lenguaje (sílabas, unidades intrasilábicas y fonemas). Mody (2003) y Shankweiler y Fowler (2004), han demostrado que la conciencia fonológica puede predecir el desarrollo de la habilidad lectora en los sistemas de lectura alfabética. Muchos casos de trastornos de aprendizaje de lectura están relacionados con un mal funcionamiento en el componente fonológico del lenguaje, el cual implica un déficit en el reconocimiento de las palabras escritas. La raíz de este problema subyace en el desarrollo deficiente de la conciencia fonológica y de las habilidades de decodificación. Para Lonigan (2004) existen cuatro acepciones sobre el término "conciencia fonológica": La primera la define como "la reflexión conciente (capacidad de manipulación de fonemas) de la representación abstracta del habla". La segunda incluye todas las habilidades subsilábicas incluyendo habilidades fonéticas, las cuales también serían operaciones cognitivas de la representación abstracta del lenguaje (ésta habilidad puede ser medida por tareas de rima). La tercera acepción señala que la conciencia fonológica es la capacidad conciente para aislar segmentos de palabras, y la cuarta acepción menciona las habilidades fonológicas múltiples que integran la complejidad lingüística (palabras, sílabas, rimas o fonemas) y operaciones cognitivas que son utilizadas en el procesamiento de la información fonológica (detección, mezclado, segmentación, reversibilidad).

2.- *La memoria fonológica* que se emplea para retener la información parcial de la secuencia de los fonemas mientras se procesa la totalidad de la palabra; y

3.- *La tasa o velocidad de acceso a la información fonológica* que es la habilidad para acceder fácil y rápidamente a información fonológica almacenada en la memoria a largo plazo, y se evalúa con tareas de nominación automática rápida.

Existen en la literatura diversos estudios que muestran la relación causal que existe entre el procesamiento fonológico de los prelectores y el desarrollo posterior en la lectura. Así, los niños que presentan deficiencias en sus habilidades fonológicas, ulteriormente presentan dificultades graves en la adquisición de la lectura (Torgesen et al., 1994). Se ha encontrado una amplia correlación entre las deficiencias en estos procesos y los problemas de lectura (Hurford, Johnston, Nepote, Hampton, Moore, Neal, Müller, McGeorge, Huff, Awad, Tatro, Juñiano y Huffman, 1994; Stanovich, 1988).

Los hallazgos de estos trabajos muestran que el procesamiento fonológico participa de forma importante en la adquisición de la lectura, y en el caso de los lectores entrenados, cuando leen palabras poco frecuentes, irregulares o pseudopalabras. Cuando el proceso de lectura está consolidado, se automatiza y el reconocimiento de las palabras es fundamentalmente léxico (primero se produce la identificación de los rasgos de la letra y gracias a ello se hace presente el sonido), exceptuando casos particulares de palabras poco frecuentes o pseudopalabras las cuales se procesan fonológicamente. Wagner y Torgesen (1987) realizaron una correlación entre el procesamiento fonológico, la memoria operacional (o de trabajo) y la comprensión, concluyendo que las limitaciones que se tienen en el procesamiento fonológico, afectan el paso de la información y la asimilación de los fonemas (nivel inferior) hacia el nivel cognitivo superior (comprensión) alterando la memoria operacional por sobrecarga.

Dado que el déficit perceptivo-fonológico aparece en edad temprana, puede provocar deficiencias en otros procesos que interactúan con él, como son la memoria verbal o la comprensión de la lectura. Es importante resaltar que la dificultad en los procesos de bajo nivel actuaría como un cuello de botella que dificulta el procesamiento en los niveles más altos, como la integración semántica en las frases para llevar a cabo el proceso de comprensión.

PROCESAMIENTO SEMÁNTICO

Aun cuando el procesamiento fonológico es un componente crítico para la adquisición exitosa de la lectura (Mody 2003; Swanson et al., 1997), otros estudios han mostrado que fallas en los procesos ortográfico, semántico y en la memoria de trabajo también juegan un papel importante en la predicción de la eficiencia en la lectura, (Swanson et al., 1997; Vellutino et al., 1995). Los procesos fonológicos son determinantes en la eficacia de la lectura: cuanto más automatizados estén los procesos de bajo nivel, mayor será la comprensión de la lectura a la que se le podrá dedicar el máximo de los recursos cognitivos. Swanson et al., (1997) sugieren que algunos niños con TL tienen dificultad para recuperar información semántica en respuesta a un nombre, o que presentan una inhabilidad para activar simultáneamente las representaciones correspondientes entre los códigos verbales y los códigos visuales.

El procesamiento semántico consiste en extraer el mensaje de la oración para integrar esta información a la memoria operacional, y es ahí donde se lleva a cabo la última fase del proceso de comprensión.

Morton (1989) realizó un análisis del procesamiento de información durante el aprendizaje de la lectura, encontró que el procesamiento semántico podría contener dos componentes cognitivos: el visual semántico y el verbal semántico, los cuales tendrían en común el reconocimiento del objeto, tanto para la palabra escrita como para la figura, a fin de que se pueda evocar en la memoria. Cuando los niños ven objetos, los asocian naturalmente con sus nombres, lo que también hacen al leer. Esto hace que posteriormente puedan asociar las palabras con las cosas representadas. Las palabras corresponden a significados, el desarrollo del establecimiento de significados verbales facilita el acceso a representaciones de conceptos. El problema de los Lectores Deficientes estaría en la demora o lentitud para recuperar la información semántica, y para la activación simultánea de los códigos semánticos visuales y los códigos verbales.

Vellutino et al., (1995) compararon grupos de niños con deficiencias en la lectura con lectores normales, de segundo a sexto grado. Encontraron que entre los grupos de menor edad no se presentaron diferencias significativas en tareas semánticas, mientras que entre los grupos de mayor edad sí las hubo. Concluyeron que las deficiencias en la

codificación semántica no son causa de dificultades en la lectura en las etapas iniciales de adquisición, pero pueden ser una consecuencia de prolongadas dificultades en la lectura en etapas posteriores.

Shankweiler, Crain, Katz, Fowler, Liberman, Brady, Thornton, Leundquist, y Dreyer, (1995) han sugerido que la constelación de déficits de origen lingüístico, puede reflejar un "síndrome" asociado con la dificultad en la lectura. Así, los déficits en el procesamiento fonológico llevarían a fallas en los procesos semánticos, ortográficos, sintácticos y en el de la memoria de trabajo. Esta formulación puede explicar las deficiencias en habilidades lingüísticas observadas en los niños con trastornos de aprendizaje de la lectura.

Es importante mencionar que también se han mostrado fallas semántico-sintácticas en el procesamiento del lenguaje en niños de habla hispana (Cuetos, 1998) y en niños mexicanos de escuelas públicas (Silva, Harmony, Bernal, Fernández, Rodríguez, 1995; Yáñez, 2000). En estos estudios, los niños con deficiencias de aprendizaje en comparación al grupo control, muestran fallas en tareas fonológicas como el mayor tiempo empleado para la lectura de pseudopalabras, que para la de palabras regulares o irregulares, o en la tarea semántica que se traduce en mayor número de errores en el completamiento de oraciones, y el ordenamiento de oraciones (tarea sintáctica).

A este respecto Stanovich (1984), propone el modelo interactivo-compensatorio. La hipótesis interactiva de la lectura asume que existe un procesamiento en paralelo entre diferentes niveles en el procesamiento de análisis durante el proceso de lectura y ellos mantienen una comunicación bidireccional, es decir de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo, esta bidireccionalidad solo ocurre entre niveles contiguos, y puede llevarse a cabo en forma simultánea o alternativa; este modelo postula que en todos los niveles se da una síntesis de información (semántica, sintáctica, lexical y ortográfica) durante el proceso de lectura. La hipótesis compensatoria permite explicar diferencias individuales en la lectura. El concepto clave es que un determinado nivel puede compensar una deficiencia de otro nivel; específicamente, si hay deficiencia en un proceso de orden inferior, un proceso de orden superior puede compensarla. De acuerdo a este modelo, un lector deficiente que muestra habilidades pobres de decodificación puede auxiliarse de factores contextuales para el reconocimiento de palabras (Yáñez, 2000).

Otro modelo que se ha utilizado para explicar el proceso de lectura es el de Ellis y Young (1988), que desde la neuropsicología cognoscitiva analiza las rutas que sigue un lector desde el reconocimiento a la producción de palabras escritas y orales. En este modelo la ruta directa para la modalidad auditiva del lenguaje, considera que el sistema de análisis auditivo y el lexicón de entrada auditiva median en el reconocimiento de las palabras oídas y activan sus significados en el sistema semántico. Cuando no ocurre así, una palabra hablada puede fragmentarse en los fonemas que la constituyen (sonidos) y éstos deben ser remplazados por la letra o letras apropiadas y la cadena resultante debe almacenarse al mismo tiempo de ser creada, esto lleva a que los recursos atencionales se concentren en la descodificación, por lo cual el proceso de comprensión oral se hace deficiente.

En los trabajos sobre adquisición de lectura y en tareas de decisión léxica se ha enfatizado el efecto del contexto lexical para el reconocimiento de palabras. Por ejemplo, el tiempo de reconocimiento de una palabra se reduce de manera significativa cuando dicha palabra va precedida de otra que tiene alguna relación semántica o asociativa con la primera (priming semántico) (Valle, 1992). Este efecto de facilitación semántica se ha observado en adultos y niños pero en estos últimos es considerablemente mayor (Schwantes, 1985). Situación similar sucede para palabras que son semánticamente incongruentes con el contexto (efecto de interferencia). La interferencia es bastante marcada en los niños, pero de relativa poca importancia en los adultos.

Brown y Hagoort (1993) y Schwantes (1985) concluyen que cuando se presenta una palabra, se activan simultáneamente los nodos de la red que representan palabras relacionadas, las cuales necesitarán menos tiempo para ser procesadas si se presentan en forma subsecuente. Esto se considera un proceso totalmente automático.

En contraste, la expectancia es un mecanismo que requiere atención, dado que es generada por el sujeto de acuerdo a la información que recibe de la palabra presentada. A la lectura de una palabra, el lector espera que le sigan otras parecidas. Si esto sucede, se facilitará su procesamiento, pero si no, el sujeto cambiará su foco de atención hacia un nuevo estímulo, y por consiguiente el reconocimiento del estímulo será más lento. El concepto compensatorio hace alusión a que durante la etapa de comprensión, el lector inexperto puede compensar haciendo mayor uso de

información proveniente de otros niveles. De esta manera, un reconocimiento lento de palabras permite mayor tiempo para la diseminación de la activación automática y esto produce mayor facilitación para las palabras relacionadas. Al mismo tiempo, un reconocimiento más lento permite al lector usar estrategias de expectancia que resultarían en mayor facilitación para las palabras relacionadas e interferencia para las no relacionadas.

Otros autores aducen que en los lectores deficientes, el reconocimiento de palabras no solo es lento, sino poco preciso, ya que estos cometen muchos errores en la aplicación de las reglas de correspondencia entre grafemas y fonemas. Esto conlleva a que la mayoría de sus recursos atencionales se concentren en la decodificación, lo que hace que el proceso de comprensión se resienta (Defior, Justicia y Martos, 1996).

Stanovich (1986) y Valle et al., (1992) han demostrado que los niños lectores deficientes se caracterizan por un mayor uso del contexto, en comparación con los niños que presentan un desarrollo normal en la lectura. Esto se manifiesta en un mayor número de palabras adivinadas o lexicalizaciones que se producen cuando se lee una pseudopalabra como si fuese una palabra verdadera (por ejemplo leer "playa" por "blaya"). Es importante notar que las conclusiones establecen que los niños LD dependen más del contexto para decodificar una palabra que para la integración de la misma.

Esta conceptualización modular-interactiva del procesamiento de la lectura considera que existen subsistemas o módulos especializados en determinados procesos con un cierto grado de independencia y autonomía con respecto a los demás. Los resultados obtenidos en los últimos años permiten establecer la importancia que cada proceso tiene en la comprensión del lenguaje, y es por eso que un simple cambio en la estructura de la oración puede alterar su significado completamente o puede dar lugar a oraciones mal construidas, lo que llevaría a errores de interpretación; la expectación implícita de que las palabras siguen un orden convencional ayuda al lector a procesar e interpretar la información de manera rápida y fluida. (Berko et al., 1999). Estos modelos han aportado evidencia que permite establecer líneas claras para el mejor entendimiento de los problemas de aprendizaje, no obstante la complejidad de los procesos que intervienen en estos trastornos, señalan la necesidad de continuar investigando y de correlacionar los hallazgos encontrados, para poder describir cómo

se encuentran alterados los distintos niveles de procesamiento de lectura en los niños lectores deficientes.

De manera simultánea a los hallazgos encontrados en la psicolingüística, los investigadores en neurolingüística enfatizan los modelos con circuitos neuroanatómicos del lenguaje.

ESTRUCTURAS NEUROANATOMICAS INVOLUCRADAS EN EL LENGUAJE

La enorme mayoría de los datos de que se dispone en la actualidad en relación a la organización cerebral del lenguaje se basa fundamentalmente en estudios neuropatológicos, conductuales, anatómicos y neurofisiológicos (Ver tabla 1).

Tabla 1. Fuentes principales de evidencia sobre la organización cerebral del lenguaje (Ardila et al., 1997)

Evidencias Neuropatológicas	Evidencia Conductual	Evidencia Anatómica	Evidencias Neurofisiológicas
Estudios clínicos sobre déficit cognoscitivo y conductual en individuos con daño cerebral 1) Lesiones unilaterales 2) Hemisferectomías 3) Inactivación hemisférica temporal 4) Desconexión quirúrgica de los hemisferios cerebrales (comisurotomía)	Técnicas experimentales diseñadas para presentar información en forma asimétrica a cada hemisferio en sujetos normales 1) Pruebas de asimetría perceptiva. 2) Información visual 3) Escalas psicofísicas diferenciales. 4) Pruebas de asimetría motora.	Estudio de variaciones morfológicas en el cerebro 1) Asimetrías estructurales intra e interhemisféricas.	Medidas de la actividad neurofisiológica de la corteza con estímulos y tareas cognoscitivas 1) Electroencefalograma 2) Potenciales Relacionados con eventos 3) Patrones de irrigación sanguínea y metabolismo

Estos estudios han aportado evidencia de que existen estructuras cerebrales filogenética y ontogenéticamente determinadas para el desarrollo del lenguaje. En términos generales, para la mayoría de los seres humanos el hemisferio izquierdo es el dominante para el lenguaje (Kandel et al., 2001; Berko et al., 1999; Ardila et al., 1997). Esta especialización hemisférica se ha observado tanto para el lenguaje oral

como para la lecto-escritura y el lenguaje de signos. La lateralización del lenguaje en el hemisferio izquierdo es independiente de la preferencia manual (Arnedo, 2001).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El establecimiento de las bases neurales del lenguaje se inició desde mediados del siglo XIX y durante más de 100 años ha reunido un considerable número de casos.

La aportación de Paul de Broca en 1865 después de estudiar más de 25 pacientes fue que la articulación del habla dependía de los lóbulos frontales del hemisferio izquierdo, estableciendo así la dominancia izquierda para el habla. Broca distinguió tres procesos relacionados con el lenguaje, cada uno con bases anatómicas diferentes: 1) la inteligencia en general, para la cual no ofrecía localización, 2) la facultad general del lenguaje, que sería una capacidad de ambos hemisferios y 3) la facultad para articular el lenguaje localizada en la tercera circunvolución frontal izquierda, conocida hoy como área de Broca. (Damasio y Damasio, 1992; Berko et al., 1999; Kandel et al., 2001).

En 1874, Carl Wernicke publicó una monografía que para algunos investigadores bosqueja la primera teoría neurolingüística, donde propuso la existencia de un centro para las imágenes auditivas localizado en el giro superior del lóbulo temporal conocida hoy como el área de Wernicke. También desarrolló un modelo conexionista de las bases neurales del lenguaje. De acuerdo a éste modelo, el lenguaje es producto de la actividad de una serie de centros y de las interrelaciones que se establecen entre ellos. Con relación al lenguaje oral, propone un sistema de fibras que desde el giro angular hacen relevo en el área de Broca. Estas fibras del fascículo arqueado conectarían los centros de las imágenes auditivas de las palabras con los centros de sus representaciones motoras.

Dejérine a finales del siglo XIX y principios del XX, también aportó modificaciones de importancia como la proposición de una zona visual-verbal localizada en el giro angular, señalando además los fundamentos anatómicos de las conexiones entre los diferentes centros relacionados con el lenguaje.

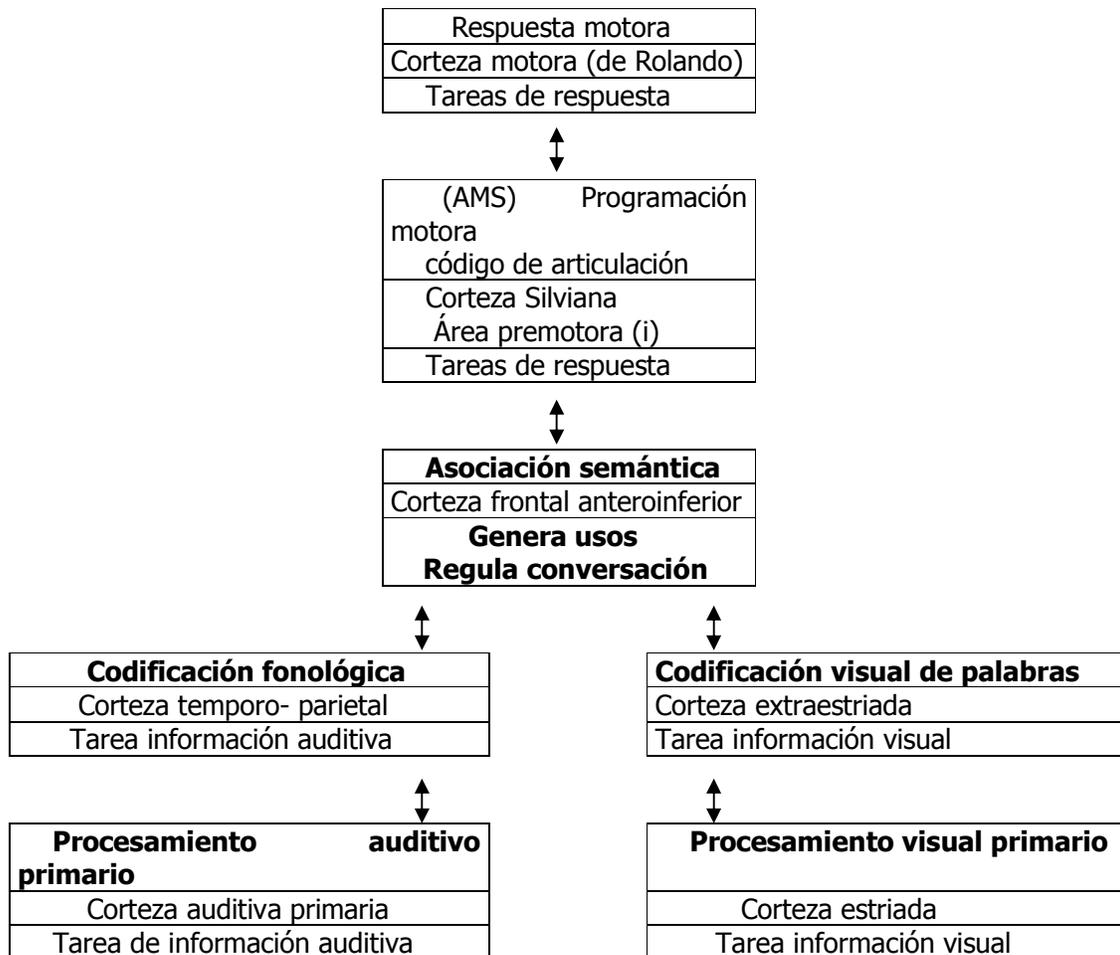
Modelo de Geschwind: En la mitad del siglo XX se produjo un resurgimiento de los clásicos modelos conexionistas. Norman Geschwind (Kandel et al., 2000) enriqueció estos modelos con hipótesis más elaboradas y nuevas evidencias sobre la organización

cerebral, desarrolló un modelo del procesamiento del lenguaje en donde propone la siguiente secuencia de eventos cuando una persona oye una palabra: al escuchar una palabra la información se transfiere desde el aparato auditivo al nervio auditivo, a los núcleos cocleares, al núcleo geniculado medial, posteriormente a la corteza auditiva primaria (área 41 y 42), y luego a la corteza de nivel superior (área 42). De ahí es conducida a una región específica de la corteza de asociación parieto-temporal occipital, de ahí al giro angular (área 39) donde al parecer se procesan simultáneamente la información auditiva, visual, y táctil aferente. Desde ahí, la información se proyecta al área de Wernicke (área 22) que se encarga de la comprensión de la palabra, y luego pasa por el fascículo arqueado al área de Broca (área 45), donde la representación auditiva se transforma en la estructura gramatical de una frase y se almacena en la memoria para la articulación de las palabras. La información sobre el patrón de sonido de la frase se conduce al área de la corteza motora que controla la vocalización. Geschwind creía que una vía similar esta implicada en la lectura de una palabra: la información visual de la palabra se transfiere desde la retina hasta el núcleo geniculado lateral y de ahí a la corteza visual primaria (área 17) de donde se trasmite al área 18 (corteza visual secundaria). Posteriormente, es conducida al giro angular de la corteza de asociación parieto-temporal-occipital y luego al área de Wernicke donde se transforma en una representación fonética de la palabra (Berko et al., 1999).

En las dos décadas posteriores a estos primeros avances, se produjo un conocimiento considerable en la comprensión de los mecanismos del lenguaje y sus trastornos. Esto fue posible en parte gracias al desarrollo de las nuevas técnicas de neuroimagen (estructurales y funcionales) y a los progresos en la comprensión de los procesos neuronales y cognoscitivos.

Modelo de Petersen: Petersen, Fox, Posner, Mintun, y Raichle, (1989), realizaron estudios mediante rCBF (flujo sanguíneo cerebral de una zona), y TEP (Tomografía por emisión de positrones) los cuales proporcionan un esquema tridimensional del flujo sanguíneo del cerebro. El registro de la actividad cerebral se llevó a cabo durante el procesamiento de palabras aisladas presentadas de forma visual y auditiva en una serie de tareas ordenadas de acuerdo al orden de complejidad. Los resultados obtenidos aportaron datos para la modificación de los modelos cognitivos actuales del procesamiento del lenguaje.

MODELO DE PETERSEN ET AL. DE LOS DISTINTOS NIVELES DE PROCESAMIENTO LEXICO BASADO EN SUS ESTUDIOS MEDIANTE rCBF (1989).



En dicho modelo se acepta que diferentes zonas de la corteza desempeñan un papel esencial en dicho procesamiento. En la modalidad auditiva la estimulación ingresaría a la corteza auditiva primaria, que recibe y procesa la señal en primer lugar remitiéndola a la corteza ténporoparietal que analiza su estructura fonológica. La interpretación semántica parece producirse en la corteza anteroinferior del lóbulo frontal izquierdo. Los estímulos visuales seguirían una ruta algo distinta. El procesamiento inicial de la información se llevaría a cabo en la corteza estriada, la cual transmitiría sus resultados a la corteza extraestriada para su decodificación y análisis ulterior por las áreas de asociación semántica (corteza frontal inferior). El modelo permitió inferir que la información puede fluir en ambos sentidos de un nivel de

procesamiento a otro, permitiendo al sistema realizar su propia revisión en busca de posibles errores de análisis (Berko et al., 1999).

Modelo de Damasio y Damasio (1992): Estos autores presentan una propuesta teórica, en donde logran reunir una explicación psicolingüística en conjunción con los hallazgos neuroanatómicos más recientes.

Consideran que las funciones del lenguaje están controladas por tres sistemas que interactúan: 1.- sistemas neurales bilaterales que representan interacciones no lingüísticas entre el sujeto y su entorno, mediadas por los diversos sistemas sensoriales y motores. 2.- un número menor de sistemas neurales localizados predominantemente en el hemisferio izquierdo que representarían los fonemas, las combinaciones fonéticas y las reglas sintácticas para combinar las palabras. Estos sistemas pueden ser estimulados tanto desde el interior del cerebro como por los estímulos provenientes del medio ambiente exterior (como es el caso de la escritura), reúnen las formas verbales y generan las frases que se han de pronunciar o escribir y también realizan el procesamiento inicial de las señales del lenguaje auditivo o visual. 3.- sistemas intermediarios o mediadores entre los dos anteriores. Este tercer conjunto de estructuras situado principalmente en el hemisferio izquierdo, puede estimular la producción de formas verbales a partir de un concepto, o bien hacer que se evoquen los conceptos correspondientes. Cuando una persona habla, los sistemas mediadores rigen a los responsables de la formación de las palabras y la sintaxis. Cuando una persona entiende lo que se habla, los sistemas de formación de palabras guían a los sistemas mediadores.

Con respecto al funcionamiento del sistema de interacciones no lingüísticas, Damasio y Damasio (1992) proponen la participación de distintas regiones cerebrales subdivididas a su vez en regiones menores. Por ejemplo, para la percepción visual, los sistemas encargados de discriminar movimiento, color, y forma se localizarían en las llamadas zonas de convergencia. No existirían representaciones permanentes de los objetos, sino que estas reconstrucciones momentáneas estarían basadas en fragmentos diversos. La activación de las zonas de convergencia estimula a grupos de neuronas anatómicamente separadas y ampliamente distribuidas, que reconstruyen los correspondientes patrones de actividad. Este sistema no solo almacena la información sobre las experiencias vividas sino que también clasifica esa información, de modo que

los sucesos y conceptos relacionados entre sí pueden ser reactivados juntos. La actividad de este sistema participa tanto en el entendimiento como en la expresión del lenguaje; puede reconstruir un conocimiento, o puede activar al sistema mediador entre el concepto y el lenguaje, haciendo que se generen las correspondientes formas verbales.

Los sistemas más directamente implicados en el lenguaje (los sistemas que representan los fonemas, las combinaciones fonéticas y las reglas sintácticas) incluyen el sistema perisilviano anterior, formado por estructuras cuya lesión produce afasia de Broca. Dicho sistema incluye pero no se limita a, las áreas 44 y 45, involucra la corteza lateral adyacente a éstas, parte de las áreas 6, 8, 9, 10, y 46, así como la sustancia blanca subyacente. Esta región es parte de un circuito relacionado con procesos de articulación y reglas o estructuras gramaticales, de la conjunción o ensamble de los fonemas dentro de las palabras y de las palabras en frases, es decir, de la ordenación de los elementos lingüísticos en el tiempo y el espacio, es un sistema asociado a los aspectos relacionales del lenguaje (Arnedo, 2001).

Otros componentes de la red arriba mencionada, estarían localizados en la corteza frontal izquierda (áreas 47, 46, y 9), la red parietal interconectada (áreas 40, 39, 7) y la corteza sensoriomotora por encima de la cisura de Silvio entre las áreas 45,46,22, 21, y el sector inferior de las áreas 1, 2, 3, y 4. El componente subcortical crítico del sistema, son los ganglios basales izquierdos, concretamente la cabeza del caudado y el putamen (Arnedo, 2001).

Otro de los circuitos que enfatizan Damasio y Damasio (1992) en su modelo, es el sector perisilviano posterior (situado en la región posterior del giro temporal superior que incluye la mitad posterior del área 22, área 20, 21, y 37 del mapa de Brodmann), el cual se relaciona con el procesamiento semántico, mantiene los registros auditivos y cinestésicos de los fonemas y las secuencias fonéticas que configuran las palabras.

El fascículo arqueado es visto como un sistema de conexiones que une la corteza temporal, parietal y frontal bidireccionalmente, discurriendo por debajo del giro angular y supramarginal. Esta estructura formaría una red involucrada en el ensamble de fonemas en morfemas, una operación necesaria para la vocalización o expresión del lenguaje.

Por otra parte, la corteza temporal izquierda contendría los sistemas neurales para tener acceso a las palabras relacionadas con objetos, lugares y personas, pero no a las palabras que expresan las cualidades de esas entidades, sus acciones o relaciones. Este sistema es un ejemplo de sistema mediador o intermediario, concretamente formaría parte de un sistema de mediación léxica para las formas nominales. De forma similar se ha sugerido que la mediación de las formas verbales dependería de los sistemas frontales.

La cabeza del núcleo caudado izquierdo y la sustancia blanca adyacente en el brazo anterior de la cápsula interna, fueron consideradas como esenciales para el procesamiento del lenguaje. Esta región interconectada con áreas corticales relacionadas con la audición, el movimiento, la memoria, la toma de decisiones y la emoción, forma parte del sistema necesario para el procesamiento automático de estructuras de frases. (Damasio y Damasio 1992; Arnedo, 2001). Algunas otras estructuras incluidas en el procesamiento del lenguaje serían la corteza frontal medial, incluyendo el área motora suplementaria y el giro cingulado anterior (Kandel et al., 2001, Arnedo, 2001).

Modelo de Friederici (2002): Friederici realiza una revisión teórica de cómo se lleva a cabo y cuál es la base neural del procesamiento auditivo de oraciones. Propone un modelo neurocognitivo sustentado en hallazgos electrofisiológicos de potenciales relacionados con eventos y de imagen cerebral que incluyen PET y fMRI. El modelo está dividido en 3 fases: Fase 1 (100-300 ms.) representa la ventana inicial en la cual la estructura sintáctica se forma con base en la información sobre la categoría sintáctica de las palabras. La fase 2 (300-500 ms.) es la lexical-semántica y de procesos morfosintácticos. En la fase 3 (500-1000 ms) se integran los diferentes tipos de información.

Propone que el modelo es autónomo en sus etapas iniciales, las cuales a su vez interactúan con fases tardías, esto es compatible con los hallazgos de los modelos en psicolingüística.

Los estudios de neuroanatomía funcional describen un área temporofrontal bilateral para la comprensión auditiva del lenguaje. En el área temporal izquierda se lleva a cabo la identificación de elementos estructurales (sintácticos), fonéticos y léxicos de los

elementos estructurales de las oraciones, la corteza frontal izquierda esta involucrada en la secuenciación y en la formación de relaciones estructurales, semánticas y temáticas de la oración; la región temporal derecha sirve para la identificación de parámetros prosódicos, y la corteza frontal derecha está involucrada en la melodía de la oración.

Los resultados globales de la revisión indican que los procesos semánticos están mantenidos por la región temporal izquierda y que la corteza frontal se involucra cuando los aspectos de estrategia o memoria entran en juego.

Estos y otros hallazgos implican una mayor cantidad de áreas y un conjunto de interconexiones paralelas más complejas que lo que los modelos neuroanatómicos iniciales proponían.

PERCEPCION DEL HABLA

La comprensión del lenguaje es un proceso integrativo, adaptativo, automático y complejo en el cual están implicados mecanismos sensoriales, cognoscitivos y lingüísticos. Por tal razón existen múltiples modelos teóricos que explican algunos de los mecanismos involucrados en este proceso (Belinchón, Igoa, y Riviére, 1994).

La primera investigación sobre percepción del habla la realizaron en 1951 Miller, Heise, Lichten y Ticket, quienes enfatizaron que la percepción del significado de las palabras en el habla se ve influido por conocimientos de semántica y sintaxis. A partir de estas afirmaciones se estableció que el contexto de una frase ayuda a decodificar palabras aisladas en el habla normal (Berko et al., 1999).

En estos primeros estudios sobresalen dos hallazgos:

El tipo de procesamiento denominado ascendente (bottom-up) el cual hace uso únicamente de la información acústica para decodificar la señal vocal.

El procesamiento descendente (top-down) en el que los aspectos semánticos y sintácticos desempeñan un papel fundamental en la decodificación de la señal vocal.

A partir de ellos, se han derivado algunos modelos teóricos que han ampliado las explicaciones sobre la percepción del habla.

Los modelos *interactivos* incorporan la acción conjunta de múltiples fuentes de información -incluyendo la información ascendente y descendente- para el reconocimiento de la palabra. Dentro de estos modelos tenemos los siguientes:

a) La Teoría Motora de la Percepción del Habla (Liberman, Cooper, Sankweiler y Studert-Kennedy, 1967). Sostiene que en algún punto del proceso perceptivo, las señales vocales se interpretan en referencia a la representación motora de los movimientos del habla, o el modo de habla, el cual es un canal de procesamiento de señales auditivas sincronizado a un código de propiedades articulatorias y co-articulatorias de los sonidos. La idea central es que el habla se percibe gracias al conocimiento tácito o inconsciente del modo en que se produce.

Postula como mecanismo básico el "análisis por síntesis" que comprende primero la extracción de información de la señal (análisis), y por otro lado procesos de generación interna de sonidos a partir de claves acústicas analizadas, y del conocimiento de las propiedades articulatorias de los sonidos del habla (síntesis). Dicho mecanismo permite incorporar a los procesos de percepción del habla, propiedades globales o de orden superior de las emisiones lingüísticas (estructura suprasegmental), acento, entonación y métrica (silabificación), dado que estas propiedades pueden influir sobre los procesos de integración acústico-fonética (Berko et al., 1999).

b) Teoría Auditiva de la Percepción.- Para esta teoría la percepción no requiere de un sistema especializado de procesamiento, el habla se percibe por medio de los mismos mecanismos que cualquier otro estímulo auditivo; en esta teoría se unen una variedad de modelos y explicaciones que a veces son divergentes entre sí.

En términos generales, los enfoques auditivos rechazan la idea de la percepción del habla como de dominio específico y específica de especie; esta postura investiga los mecanismos tempranos de la señal situados en los niveles de análisis (Blumstein y Stevens, 1979 y 1980), y presenta dos consecuencias: el acoplamiento microestructural directo, aquí la señal del habla no es tan variable y esto permite un acoplamiento entre las propiedades físicas y las representaciones fonéticas (Berko et al., 1999). Otros autores -en cambio- sostienen que las propiedades invariantes de la señal acústica no aparecen a nivel de microestructura, sino a nivel macroestructural en concreto, a nivel léxico, a esto se le denomina "acoplamiento macroestructural", aquí se postula que la señal del habla estimula patrones neurosensitivos que representan formas léxicas almacenadas en la memoria.

Estas representaciones léxicas están formadas por plantillas espectrales o secuencias de representación espectrales prototípicas (representación de una secuencia "ideal" de claves acústicas). A medida que el oyente recibe fragmentos de la cadena hablada, va computando sobre la marcha representaciones espectrales (llamadas difonos) y comparando dichas representaciones con las que tiene almacenadas en la memoria. La característica fundamental de las plantillas espectrales como la de los difonos, es que contienen información sensible al contexto acústico en el que se producen; del nivel acústico se accede al nivel léxico, en este modelo no existe un nivel de representación fonémico o fonológico. Este tipo de reconocimiento de palabras se conoce como "acceso al léxico a partir de espectros" (Berko et al., 1999).

c) Modelo de la Lógica Difusa (Massaro, 1987 y 1989). Para este modelo la percepción del habla es un reconocimiento de patrones o prototipos los cuales son descripciones breves de las unidades perceptivas del lenguaje que contienen la conjunción de varios rasgos distintivos que se corresponden con valores ideales.

El modelo asume la existencia de tres operaciones que se realizan en la percepción del habla.

Evaluación de rasgos: Esta operación establece el grado en el cual cada rasgo de la sílaba se ajusta con el rasgo correspondiente encontrado en el prototipo de la memoria.

Integración de rasgos: El resultado de la evaluación de rasgos está dado por el grado de ajuste a la sílaba de cada prototipo.

En la decisión de rasgos se lleva a cabo una relativa "bondad de ajuste" y se computa la proporción de veces que la sílaba se identifica como parte de ese prototipo.

La hipótesis de este modelo determina que los múltiples rasgos que presenta un determinado contraste fonético se extraen con independencia de la forma de la onda acústica, y se combinan según reglas lógicas de integración, las cuales operan sobre valores difusos de verdad, para que la información de un rasgo dado pueda ser representada según su grado de ajuste, y no en relación a la identidad absoluta de forma. El modelo enfatiza la información continua y no la información de todo/nada; enfoca a la percepción fonética como un proceso probabilístico de ajuste entre rasgos y representaciones prototípicas en la memoria (Massaro, 1989).

d) Modelo de Cohorte: Desarrollado por Marslen-Wilson y Welsh (1978) y Marslen-Wilson (1987) consta de dos fases:

1.-Fase de reconocimiento de las palabras: La información acústica y fonética al palabra, activa en la memoria todas las palabras que se le parecen, estas palabras activadas conforman la "cohorte", que no está influida por ningún otro nivel de análisis. Por ejemplo si la palabra es "conde" se activan palabras que se inicien con "C" (casa, collar, cara, comida, etc.).

2.-En la segunda fase, todas las fuentes de información pueden influir sobre la selección de la palabra diana dentro de la "cohorte". Estas fuentes interactivas de información operan hacia la eliminación de las palabras que no se parezcan a la palabra diana, y los niveles superiores de información pueden intervenir para eliminar a otros miembros de la "cohorte". Por ejemplo, una mayor información acústica y fonética puede eliminar algunas de las palabras de la cohorte anterior (casa, cara, collar y comida).

Finalmente, solo se reconoce la palabra de la cohorte que permanece como candidato único.

e) Modelo TRACE (Huella) (Elman y McClelland, 1988). Es un modelo de red neuronal en el cual se afirma que el procesamiento de la percepción del habla se realiza a través de conexiones excitadoras e inhibitorias entre numerosas unidades denominadas "nodos" que representan diferentes niveles de procesamiento. El nodo tiene un nivel de reposo, un umbral y un nivel de activación que representa el grado de consistencia entre el input y la unidad que representa el nodo. Según este modelo, los nodos están firmemente interconectados y cuando algún nodo alcanza su umbral, influye en otros, lo que a su vez hace descender la activación de otros. Las conexiones entre niveles son excitadoras y bidireccionales. Este mecanismo permite que los nodos de fonemas puedan excitar nodos de palabras y viceversa. Por ejemplo, la excitación de los nodos que representan a los fonemas (b) y (o) podría conducir a la excitación de palabras cuyos candidatos presenten como primeros sonidos (bo), como bolsa y boca. Las conexiones dentro de un mismo nivel son inhibitorias y bidireccionales, de tal manera que la probabilidad de que un sonido haya sido identificado como un fonema concreto, por ejemplo (b), disminuye los niveles de activación de otros nodos que representen sonidos que puedan competir como (d) o (p) (Elman y McClelland, 1988; Massaro, 1989).

Estas teorías todavía se encuentran en proceso activo de desarrollo, adecuación y evaluación por lo que todavía no está resuelto cómo opera exactamente el proceso de percepción del habla.

Los modelos arriba descritos sugieren cómo se lleva a cabo el reconocimiento de la palabra en la modalidad auditiva y porqué la influencia contextual juega un papel fundamental en la comprensión del lenguaje. Estas teorías nos permiten asumir la idea de cómo se lleva a cabo el proceso de la percepción del lenguaje y proponer modelos que se puedan validar electrofisiológicamente ya que esto último permitiría el análisis on line de este procesamiento.

POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS (PRE)

DEFINICION Y GENERALIDADES

Una de las técnicas más útiles para el estudio de las bases fisiológicas de los procesos cognoscitivos en los humanos es el método de los potenciales relacionados con eventos (PRE). Los PRE permiten el estudio de los procesos cognoscitivos con un alto grado de resolución temporal (en el orden de los milisegundos). De acuerdo a Hillyard y Picton, (1987) son "cambios en los patrones de voltaje del electroencefalograma en curso, que están ligados en el tiempo a eventos sensoriales, motores o cognoscitivos", es decir, son producidos por un estímulo sensorial, la planeación de una respuesta motora o un proceso relacionado con una etapa intermedia del procesamiento de información (atención, memoria, percepción, etc.). Son una manifestación de la actividad eléctrica cerebral que se registra sobre el cuero cabelludo. Se visualizan como una serie de oscilaciones de voltaje (amplitud) que aparecen como ondas positivas y negativas, presentándose en un tiempo específico (latencia). Los PRE tienen componentes exógenos y componentes endógenos. Los primeros se encuentran relacionados directamente con las características físicas del estímulo; los componentes endógenos, en contraste, son altamente sensibles a los cambios en el estado psicológico del sujeto, al significado de los estímulos o a las demandas en el procesamiento de información requeridas por una tarea, así como a las estrategias, decisiones o expectativas del sujeto. Los componentes endógenos son los más útiles para estudiar las bases fisiológicas de los procesos cognoscitivos. Los PRE han contribuido al esclarecimiento y comprensión de procesos sensoriales cognoscitivos y lingüísticos, siendo evidente que la utilidad de esta técnica se potencia cuando se usa conjuntamente con mediciones conductuales (Rodríguez-Camacho, Prieto y Bernal, en prensa).

Fisiológicamente, se acepta que los PRE son generados por cambios en la polarización de las membranas celulares en el sistema nervioso. En las neuronas, los potenciales de membrana son alterados durante la actividad sináptica y la generación de potenciales de acción, mientras que en las células gliales los potenciales transmembranales varían en función de cambios en las concentraciones iónicas extracelulares. El flujo de corriente a través de un gran número de neuronas y de membranas de células gliales genera potenciales de campo en el fluido extracelular que pueden ser observados

como ondas positivas o negativas en un PRE. La generación de los PRE depende tanto del arreglo espacial de los elementos generadores como de su sincronización temporal. Así, si una capa de células corticales con árboles dendríticos orientados perpendicularmente a la superficie de la corteza, es activada sincrónicamente produciendo campos de polaridad (signo) y orientación similar, será más fácil que genere un PRE susceptible de registrarse en el cuero cabelludo (Hillyard y Picton, 1987).

Los PRE tienen la ventaja de ser una técnica no invasiva que proporciona información de la secuencia de eventos neuronales involucrados en los procesos cognoscitivos, con gran resolución temporal. Su uso en el estudio del lenguaje está basado en la suposición de que diferentes procesos cognoscitivos son mediados por diferentes patrones de actividad cerebral. Este principio permite estudiar separadamente los niveles de representación lingüística, (p. ej. fonológico, semántico o sintáctico) para evidenciar distintos patrones de los PRE. Debido a su gran resolución temporal, se puede conocer la sucesión exacta de gran cantidad de respuestas eléctricas cerebrales provocadas por la presentación de un estímulo, y hacer inferencias sobre un evento cognoscitivo correspondiente (Rodríguez et al., 2006). Estas características permiten medir algunos fenómenos lingüísticos que se dan con extraordinaria rapidez, (en el orden de los milisegundos) proporcionando un monitoreo del procesamiento lingüístico sin interferir con él (Kutas y Van Petten, 1988).

LOS PRE Y EL PROCESAMIENTO SEMÁNTICO: EL COMPONENTE N400.

Los PRE han mostrado su utilidad en el análisis de los diferentes niveles del procesamiento del lenguaje (Holcomb y Neville, 1991; Kutas y Van Petten, 1988; Kutas, Van Petten y Kluender, 2006). Entre ellos, sobresale el componente N400 (en donde N quiere decir negativo y 400 es la latencia medida en milisegundos donde la negatividad alcanza su amplitud máxima). Los pioneros de estas investigaciones fueron Kutas e Hillyard en 1980. El componente N400 se relacionó -en un principio- con el procesamiento semántico de palabras presentadas dentro del contexto de oraciones, y después para palabras aisladas.

En la modalidad visual, inicialmente se le relacionó al procesamiento de incongruencias semánticas o palabras inesperadas en el contexto de una oración (Kutas e Hillyard, 1980) observándose que la amplitud de N400 está dada por el grado de preparación que las palabras previas tienen sobre las finales en el contexto de una oración; por lo que se ha propuesto que si se van leyendo fragmentos de enunciados, esto hace que se activen las palabras semánticamente relacionadas, así la N400 provee una medida del grado de preparación semántica o activación de las palabras que son accesadas del léxico interno. La amplitud de N400 puede reflejar la actividad del sistema neuronal que se ocupa de la búsqueda del léxico (Holcomb, 1993; Hagoort Brown, y Groothusen, 2000). También, N400 puede observarse al fenómeno de facilitación semántica (semantic priming), donde la segunda palabra de un par tendrá una amplitud pequeña de N400 en pares semánticamente relacionados (p.e., manzana-naranja) y una gran amplitud para pares no relacionados (p.e., manzana-camino) (Rodríguez et al., en prensa). Hay que mencionar que la generación de N400 es independiente de la modalidad del estímulo del lenguaje utilizado (auditivo o visual).

Adicionalmente, se ha encontrado N400 como respuesta a palabras finales de oraciones de baja restricción contextual o "baja probabilidad de cierre" (cloze probability). Kutas e Hillyard (1984) manipularon la expectancia de la palabra de cierre de una oración, sin que las oraciones empleadas fueran semánticamente anómalas. La probabilidad de cierre se define en términos del porcentaje de sujetos que utilizan las palabras para completar una oración particular. En el diseño experimental, utilizaron oraciones con diferentes probabilidades de cierre: alto, medio y bajo. Las oraciones con un alto nivel de probabilidad de cierre, fueron aquellas que la mayoría de los sujetos completaban con una sola palabra, (p. Ej. "He mailed the letter without a *stamp*"), mientras que para las oraciones de baja probabilidad de cierre, los sujetos usaban varias palabras alternativas aceptables. (p.Ej. "There was nothing wrong with the *car*", food, knee, idea, etc.). Los resultados indicaron que la N400 tenía una relación inversa con la expectancia semántica, es decir, a mayor expectancia para una palabra dentro del contexto de una oración, menor amplitud de N400. La sensibilidad de N400 a la probabilidad de cierre se demostró porque las palabras con una alta probabilidad de cierre generaron una N400 pequeña, mientras que las de baja probabilidad, provocaron una N400 de gran tamaño, distribuida en regiones posteriores.

Desde la perspectiva de la psicolingüística, los procesos lexicales hacen referencia al conjunto de operaciones necesarias para llegar al conocimiento que posee el sujeto sobre las palabras que están almacenadas en su léxico mental.

De acuerdo a algunos autores, N400 tiene que ver con los *procesos poslexicales*, los cuales hacen referencia a la comprensión de la palabra, de las frases del texto o del discurso, se encargan de integrar la nueva información con el conocimiento previo que el sujeto ya posee. Brown y Hagoort, (1993), Brown et al., (2000), así como Chwilla et al., (1995) relacionaron la amplitud de la N400 con el proceso controlado llamado *proceso de integración del léxico*, que podría definirse como la capacidad de relacionar una palabra -leída o escuchada- con su contexto tanto semántico como sintáctico y pragmático (Brown y Hagoort, 1993). De manera similar, Holcomb et al., (1993), Hagoort y Brown, (2000) concluyen que el mecanismo que –desde el punto de vista psicolingüístico- da origen a la aparición de N400, es un proceso de integración a nivel posléxico, o sea posterior al reconocimiento de palabras. De acuerdo a la literatura, después de que una palabra se ha activado en el lexicón mental, su significado tiene que integrarse dentro de una representación contextual de la oración en la que dicha palabra se presenta. Entre más difícil sea este proceso de integración, mayor será la amplitud de N400 (Brown y Hagoort, 1999; Kutas y King, 1995; Osterhout y Holcomb, 1992).

Según los hallazgos mencionados, se puede concluir que N400 tiene una relación importante con los procesos de comprensión semántica durante la lectura y la comprensión auditiva de oraciones.

EL COMPONENTE N400 EN NIÑOS

Algunos estudios han examinado los cambios relacionados con el desarrollo infantil en los PRE que son sensibles a tareas lingüísticas. Holcomb et al., (1992) estudiaron los cambios con la maduración de los PREs durante la lectura y la escucha de oraciones que terminaban con una palabra congruente o incongruente con el contexto que la precedía, en niños y adultos en un rango de edad de 5 a 26 años. Los PREs a las palabras finales mostraron efectos de facilitación contextual en ambas modalidades para todos los grupos de edad estudiados. Hallaron una notable disminución de la

amplitud y la latencia de N400 en relación con la edad, concluyendo que ello reflejaba una reducción significativa en el efecto de facilitación semántica, de modo que en el proceso de adquisición de mejores habilidades lingüísticas, el niño dependía cada vez menos del contexto semántico para la decodificación del lenguaje.

En otro estudio con PREs obtenidos mediante la escucha de oraciones semánticamente congruentes e incongruentes, en niños de habla alemana de 6 a 13 años, se obtuvo básicamente el hallazgo de una disminución de la latencia de N400 con la edad, interpretado aquí como una comprensión del lenguaje oral que mejoraba paulatinamente (Hahne, Eckstein, y Friederici, 2004).

Neville et al. (1993) estudiaron niños con trastornos del lenguaje, que también tenían problemas de la lectura, y los compararon con niños controles en una serie de tareas perceptuales y lingüísticas. Encontraron que algunos aspectos del procesamiento sensorial y lingüístico eran anormales en todos los niños con trastornos del lenguaje, mientras que otros aspectos eran anormales solamente en subgrupos de esa muestra. Para las tareas de lectura de oraciones, estos autores reportaron que los PREs obtenidos en el grupo experimental, mostraron mayor amplitud de N400, respecto a los controles. Concluyeron que los niños con trastorno del lenguaje presentaban mayor dependencia del contexto y realizan un mayor esfuerzo para integrar las palabras en los contextos de los enunciados, comparados con los sujetos controles.

Rodríguez et al., (2006) realizaron un estudio con niños hispanohablantes estableciendo dos grupos: uno control de lectores normales y otro experimental de lectores deficientes (LD) (10 - 12 años de edad). A ambos grupos se les sometió a un paradigma de lectura de oraciones con incongruencias semánticas, se analizaron los componentes tempranos visuales y el componente N400. Concluyeron que para los LD, la lectura demanda mayor esfuerzo y atención, como lo demostraron las mayores amplitudes de los componentes tempranos de los PRE en los LD comparados con los controles. Respecto a N400, los LD no mostraron un efecto N400 (mayor amplitud para los finales incongruentes respecto a los congruentes) y se evidenció una mayor latencia de N400 en este grupo. De acuerdo con los autores, esto refleja un proceso de integración del léxico más lento e ineficiente en los niños LD comparado con el de los controles.

Atchley, Rice, Betz, Kwasny, Sereno, y Jongman, (2006) compararon adultos y niños en el componente N400, obtenido mediante escucha de oraciones semánticamente congruentes e incongruentes. Encontraron una mayor amplitud y latencia de N400 en los niños respecto a los adultos, igual que en otros estudios (Holcomb et al., 1992; Friederici y Hahne 2001; Hahne y Friederici 1999; Juottonen et al., 1996). Una mayor latencia de N400 en los niños podría indicar una diferencia en el desarrollo específica para esta tarea, o un funcionamiento general más lento debido a inmadurez fisiológica (Friederici y Hahne, 2001). Por otra parte, estos autores reportaron una distribución frontal de N400 en niños en comparación con una más posterior en adultos, como fue señalado por Holcomb et al., (1992). Esto fue interpretado como que en los niños se da una mayor activación para llevar a cabo el mismo procesamiento semántico que se da en los adultos.

EL COMPONENTE N400 AUDITIVO

Los primeros estudios de PRE que se relacionan con la comprensión auditiva de oraciones fueron realizados por Mc Callum, Farmer, Pocock, (1984) y Holcomb et al., (1992).

Los hallazgos encontrados en estudios que emplearon oraciones auditivas en sujetos adultos, reportaron en los PRE: un componente N100 el cual alcanzó su mayor amplitud entre los 104 y 120 ms. Un componente N200 con pico máximo entre 216 y 268 ms. Estos componentes precedieron a la N400 que tiene su máxima amplitud entre los 420 y los 480 ms, sobre regiones frontocentrales (Mc Callum et al., 1984).

El estudio de Connolly y Phillips (1994) describe dos componentes que fueron claramente disociados en sitios frontocentrales: la llamada PMN y la N400. La PMN (Phonological Mismatch Negativity) presentó una latencia aproximada a los 275 ms. Los autores sugieren que este componente refleja un procesamiento acústico fonológico. Según su paradigma experimental es un componente distinto a la N200 por las siguientes razones:

Proponen que PMN es sensible a lo inesperado del fonema inicial de una palabra, dicha expectancia estaría determinada por la restricción contextual de la oración.

Aunque PMN se presenta como una negatividad frontocentral topográficamente similar a la N200 y en una latencia similar, Connolly y Phillips afirman que N200 se genera por la presentación de estímulos físicos que se desvían del contexto en una secuencia repetitiva, en paradigmas de tipo oddball, siendo un indicador del análisis de la corteza auditiva. En contraste, PMN se registró en las palabras finales de oraciones que se presentaban con igual probabilidad, y en condiciones que no involucran distintos niveles de atención (Connolly y Phillips, 1994).

Dos experimentos con oraciones auditivas llevados a cabo por el grupo de Connolly, demostraron que PMN y N400 reflejan distintos procesos. El primero empleó estímulos auditivos enmascarados que interferían con el reconocimiento de la palabra. La PMN no se afectó en tanto que la latencia de N400 aumentó significativamente (Connolly, Stewart y Brake, 1992). En otro experimento, Connolly y Phillips (1994) disociaron los procesos fonológico y semántico de las palabras, usando oraciones con diferente restricción contextual, que variaron en las dimensiones fonológica y/o semántica en cuatro condiciones que manipulaban tanto la expectancia del fonema inicial de la palabra como su expectancia semántica. Las palabras finales más esperadas tanto fonológica como semánticamente, no produjeron ninguno de los componentes, en tanto que las que eran inesperadas en estas dos dimensiones, propiciaron la aparición tanto del PMN como de N400. Las oraciones con palabras terminales cuyos fonemas iniciales eran inesperados, debido a una baja probabilidad de cierre, pero semánticamente correctas, produjeron la aparición de PMN, pero no de N400. En contraste, las oraciones que terminaban con palabras incongruentes semánticamente, pero cuyo fonema inicial era el esperado produjeron N400, pero no PMN. En resumen, estos autores presentan evidencias de que la N400 y la PMN reflejan diferentes procesos asociados con la función del lenguaje en el proceso de reconocimiento auditivo de palabras dentro de oraciones. PMN refleja un procesamiento acústico-fonético, y N400 la integración al léxico y la comprensión semántica (Connolly y Phillips, 1994).

Más recientemente, Van Den Brink, Brown y Hagoort, (2001) realizaron un estudio para saber el tiempo relativo de integración de palabras al contexto de oraciones habladas. Participaron 21 sujetos (18 mujeres y 3 hombres) con media de edad de 22 años, todos hablaban holandés y no presentaban problemas neurológicos ni visuales.

El paradigma consistió en la presentación auditiva de 261 oraciones con 3 condiciones experimentales donde la palabra final de las oraciones era: a) semánticamente congruente (oraciones con final congruente y alta probabilidad de cierre (llamadas "totalmente congruentes" o FC), b) semánticamente incongruentes pero con los mismos fonemas iniciales que la completación congruente (oraciones con inicio congruente y alta probabilidad de cierre (llamadas "inicialmente congruentes" o IC), y c) semánticamente incongruentes y con fonemas iniciales completamente distintos de la completación congruente (oraciones semánticamente incongruentes y con fonemas iniciales totalmente inesperados (llamadas "totalmente incongruentes" o FI). En todas las condiciones se generó un componente N100, siendo más visible en los electrodos frontocentrales. En las tres condiciones se generó un componente N200 independientemente si los fonemas iniciales manejaban expectativas o no, las oraciones congruentes generaron una N200 de amplitud más pequeña, mientras que las oraciones incongruentes generaron amplitudes más grandes (la mayor amplitud fue para las oraciones FI), y fue visible mayormente en sitios frontales, este componente se presentó entre los 150- 250 ms.

Los resultados sugieren que N200 refleja procesos que ocurren en la interfase de la forma lexical y el significado contextual, en la cual los candidatos lexicales que son activados por su forma (por compartir los mismos fonemas iniciales) se evalúan por las especificaciones contextuales de la oración. Los autores concluyen que N200 no es PMN porque se generó en todas las condiciones experimentales, independientemente de si los fonemas iniciales manejaban expectativas o no. N200 es un componente independiente de N400, y refleja un proceso de reconocimiento de las palabras que precede a la integración del léxico (Van Den Brink et al., 2001).

Finalmente las anomalías semánticas generaron una N400 (aproximadamente entre los 300 y los 500 ms), que fue más negativa para las oraciones totalmente incongruentes (FI) que para las oraciones inicialmente congruentes (IC). N400 tuvo su máxima amplitud sobre sitios centro-parietales, y presentó características típicas descritas por otros autores (Van Petten et al., 1999). La conclusión de los autores es que el efecto N400 refleja integración semántica.

N400 AUDITIVO EN NIÑOS

Con un paradigma de comprensión auditiva de oraciones, Sabisch, Hahne, Glass, von Suchodoletz y Friederici, (2006) estudiaron a niños con dislexia del desarrollo y niños controles de 9 a 12 años, emparejados en sexo, edad e inteligencia no verbal. Les presentaron oraciones correctas y con violaciones semánticas y sintácticas a las que debían de calificar, y a las que se les registraron los PRE. Para el componente N400, no se mostraron diferencias significativas entre los grupos, tampoco las hubo para los juicios sobre la congruencia y gramaticalidad de las oraciones. Para las oraciones con violación sintáctica, los disléxicos mostraron un retraso en la aparición de la negatividad anterior izquierda y luego una P600. Estos resultados se interpretaron como que los disléxicos no mostraron diferencias respecto a los controles respecto a los procesos de integración semántica o de reanálisis sintáctico durante la comprensión auditiva de oraciones, sin embargo, ellos mostraron retraso en el proceso automático de construcción de frases reflejado en la negatividad anterior izquierda. Esto se relacionó con el papel de la prosodia en la comprensión auditiva, elemento que puede influir negativamente en el desarrollo de los procesos sintácticos en los niños con dislexia del desarrollo.

Como ya se mencionó, Atchley et al., (2006) compararon a niños y adultos también en un paradigma de comprensión auditiva de oraciones, reportando mayor amplitud y latencia de N400 así como una distribución topográfica predominantemente frontal de N400 en los niños respecto de los adultos.

Bonte y Blomert, (2004) investigaron los correlatos de los PRE del procesamiento fonológico implícito durante el reconocimiento auditivo de palabras (en una tarea de decisión léxica) en niños disléxicos y lectores normales de 7 a 10 años de edad. Se estudiaron los efectos del priming de aliteración con palabras y con no-palabras. Los hallazgos con los PRE mostraron menor amplitud de N1 y mayor amplitud y menor latencia de N2 en los disléxicos respecto a los controles, en tanto que los efectos en N400 fueron iguales para ambos grupos. Los autores consideraron que sus resultados sugieren que los disléxicos muestran anomalías en los niveles tempranos fonético/fonológico del procesamiento del lenguaje oral, mientras que su procesamiento a un nivel posterior fonológico/lexical es normal. En particular, señalan

una contribución anormal de la información fonológica del inicio de palabra para el procesamiento de las palabras habladas.

Según estos autores, N2 refleja un componente típico de la niñez, llamado N250, que es la negatividad más prominente de los PRE auditivos ante cualquier estímulo que aparece en niños hasta los diez años de edad. Esta N2 posiblemente se relacione con la N2 de los adultos, y su máxima amplitud en la niñez, podría reflejar procesamiento sensorial auditivo hasta que se establecen las redes corticales eficientes de los adultos. N2 es registrada en sitios frontocentrales, se sugiere que su fuente neural puede incluir la corteza auditiva supratemporal. En la literatura, la N2 ha sido reportada por algunos como PMN (Connolly y Phillips, 1994).

En otro estudio, Bonte y Blomert, (2004) estudiaron los cambios en el desarrollo relacionados con el reconocimiento auditivo de las palabras. Examinaron los efectos en los PRE del priming fonológico del inicio de las palabras, en una tarea auditiva de decisión léxica hecha en una muestra de preescolares (de 5 a 6 años), lectores principiante (de 7 a 8 años) y adulta. Estos resultados mostraron cambios relacionados con el desarrollo en los PRE especialmente en las negatividades tempranas como N1 y N2 que disminuyeron de amplitud y de latencia. El componente N400 aumentó de amplitud para las palabras facilitadoras (primes) en los lectores principiantes, y se obtuvo una disminución de la amplitud de N400 debida a un efecto fonológico en las no-palabras facilitadoras en los tres grupos. El fenómeno de priming provocó además efectos opuestos en los componentes tempranos cuando se usaron palabras facilitadoras (una reducción de la relación N1/N2) vs cuando se usaron no-palabras facilitadoras (un aumento en la relación P1/N1), en los tres grupos estudiados. Los autores interpretaron sus resultados señalando que el sistema lexical sufre una reestructuración sustancial en el nivel del procesamiento y la representación fonológica, particularmente en el procesamiento del inicio de las palabras en los lectores principiantes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La literatura del área de los trastornos de aprendizaje señala al procesamiento fonológico como el proceso nuclear alrededor del cual se agrupan las deficiencias lingüísticas de este grupo de niños. Así, los déficits en el procesamiento fonológico llevan a deficiencias en el procesamiento semántico y fallas en la comprensión de la lectura. Los PRE permiten realizar un monitoreo de los procesos del lenguaje con una resolución temporal de milisegundos sin interferir con tales procesos. De esta forma, se puede obtener una cronología de la organización de los procesos cerebrales por medio de los cuales las palabras son reconocidas y se comprende su significado.

En este trabajo se propone la exploración de los procesos fonológico y semántico en niños normales y en niños con trastornos de la lectura, con un paradigma de comprensión auditiva de oraciones que contienen violaciones fonológicas y semánticas en cuatro condiciones, que manipulan la expectancia del fonema inicial de la palabra así como su expectancia semántica, con el objeto de analizar simultáneamente ambos procesos, y observar la interacción y organización temporal de éstos en los niños LD durante el procesamiento del lenguaje oral.

El estudio de la comprensión oral del lenguaje en niños con trastorno de aprendizaje de la lectura, se justifica porque dicho aprendizaje se fundamenta en el desarrollo adecuado del lenguaje oral. En este sentido, las investigaciones sobre los mecanismos fisiológicos de la comprensión auditiva del lenguaje son escasas, y no se ha planteado el estudio simultáneo de los procesos fonológicos y semánticos en la población infantil.

JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado, el problema de los trastornos de aprendizaje y mas específicamente el del aprendizaje de la lectura es epidemiológicamente importante, calculándose que entre un 6 a 7% de la población escolar general de nuestro país lo presenta (Fletcher y Kaufman, 1995).

Aún cuando existen estudios sobre los mecanismos fisiológicos de la comprensión auditiva del lenguaje, son escasos los que plantean de manera simultánea el estudio de procesos fonológicos y semánticos y éstos son mucho más escasos en la población infantil. Por ello, se plantea este estudio electrofisiológico que permitirá el análisis de los procesamientos fonológico y semántico durante la comprensión auditiva de oraciones mediante los PRE.

Adicionalmente, este estudio se efectuará en niños de habla hispana, lenguaje en el que este tipo de estudios es casi inexistente.

El análisis simultáneo de los procesos fonológico y semántico durante el procesamiento auditivo de oraciones, mediante PRE es novedoso en niños tanto normales como con problemas de aprendizaje, en quienes no se ha llevado a cabo.

HIPÓTESIS Y OBJETIVO

Hipótesis:

- 1) En los PRE registrados a oraciones auditivas en niños, se obtendrán los componentes PMN y N400 reportados para los adultos; dichos componentes serán independientes y se podrán disociar.
- 2) En las oraciones fonológicamente inesperadas-semánticamente congruentes (tipo 3) y en las fonológicamente inesperadas-semánticamente incongruentes (tipo 4) se presentará el componente PMN en el grupo control, en tanto que en el grupo con trastornos de lectura, dicho componente mostrará diferencias en amplitud respecto del grupo control.
- 3) En las oraciones fonológicamente esperadas-semánticamente incongruentes (tipo 2) y fonológicamente inesperadas-semánticamente incongruentes (tipo 4) se presentará el componente N400 en los niños del grupo control. Para el grupo con trastornos de lectura, dicho componente mostrará diferencias en amplitud respecto del grupo control.
- 4) En las pruebas conductuales, los niños TL presentarán ejecuciones deficientes en las subpruebas relacionadas con la lectura en comparación con el grupo control.

Objetivo General: Analizar mediante PRE a niños con trastorno de lectura y niños lectores normales, en un rango de edad de 9 a 12 años, para estudiar los mecanismos fonológico-semánticos empleados durante la comprensión auditiva de oraciones.

Objetivos Específicos:

- 1.- Clasificar mediante pruebas conductuales y neuropsicológicas a un grupo de niños con trastornos de lectura y a un grupo de niños lectores normales.
- 2.- Estudiar las expectativas semánticas de niños normales mexicanos de 9 a 12 años de edad de escuelas primarias públicas a través de un corpus de oraciones.
- 3.- Estudiar el comportamiento de los componentes PMN y N400 en tareas de comprensión auditiva de oraciones que contienen violaciones a las expectativas

fonológicas y/o semánticas, las cuales se manipularán experimentalmente en cuatro condiciones.

METODO

Sujetos

Participaron 29 niños de sexo masculino de entre 9 y 12 años de edad, divididos en dos grupos: Grupo Control (lectores normales N=14) y grupo experimental (trastornos de lectura =TL; N=15). Las características de los sujetos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los Sujetos

	LECTORES NORMALES	TRASTORNOS DE LECTURA (TL)
N	14	15
SEXO	MASCULINO	MASCULINO
EDAD	9-12 AÑOS ($x=10.4$) \pm 1.6	9-12 AÑOS ($x=10.51$) \pm 1.2
GRADO ESC.	4° A 6°	4° A 6°
C.I. TOTAL	96-126 ($X=111.5$)	80-107 ($X=95.2$)
BNTAL	Puntuaciones > al percentil 30	Puntuaciones \leq al percentil 30
LATERALIDAD	Diestros	Diestros

Ambos grupos cursaban del 4° al 6° grados de primaria en escuelas públicas del Estado de México y, tenían un nivel socioeconómico semejante, ninguno presentaba antecedentes neurológicos de acuerdo al examen clínico neurológico y la entrevista estructurada para niños con trastorno de aprendizaje. Ninguno de los niños tomaba medicamentos cuando se les registraron los PRE.

Los grupos se dividieron con base en los siguientes criterios: a) Tener un coeficiente intelectual mayor o igual a 80 de acuerdo a la escala WISC-R, b) No presentar problemas neurológicos, visuales ni auditivos de acuerdo al examen clínico neurológico. c) Tener un rendimiento en la Batería Neuropsicológica para niños con trastornos de aprendizaje de la lectura (BNTAL) que para el grupo control presentó puntuaciones por arriba del percentil 30 de acuerdo a su edad, y para el grupo con TL presentó puntuaciones iguales o por debajo del percentil 30 de acuerdo a su edad.

Se eliminaron 7 sujetos de la muestra inicial de 29 debido a que no reunieron el número de segmentos suficientes para promediar sus potenciales, por lo que la muestra final tuvo 22 sujetos en total.

Escenario

La aplicación de las evaluaciones se realizó en los cubículos y laboratorios del proyecto de Neurociencias que se encuentran dentro de las instalaciones de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Instrumentos

- Escala de Inteligencia para niños de Wechsler Revisada (WISC-R) en español: Instrumento psicométrico para evaluar el cociente intelectual (C.I.). Está compuesta por las subescalas verbales (información, comprensión, aritmética, semejanzas, retención de dígitos y vocabulario) y las subescalas de ejecución (claves, figuras incompletas, diseño con cubos, ordenación de dibujos y composición de objetos). La forma de aplicación y calificación fue de acuerdo a los parámetros de la prueba.
- Entrevista para niños con problemas de aprendizaje: Entrevista estructurada que explora datos prenatales, perinatales, postnatales y de desarrollo del niño así como los factores socioeconómicos y escolares que interfieren en el aprendizaje del niño.
- Examen Clínico neurológico. Examen clínico general y neurológico que sirve para determinar si los niños tienen o no alguna alteración de este tipo, así como sus antecedentes clínicos.
- Batería Neuropsicológica para niños con trastornos de aprendizaje de la lectura (BNTAL) (Yáñez, Bernal, Marosi & Rodríguez, 2002): Es una Batería Neuropsicológica diseñada para niños mexicanos de edad escolar (entre 7 y 12 años). De ella se utilizaron las subpruebas de: procesamiento fonológico, repetición, denominación y vocabulario, comprensión, lectura, gramática y escritura. La descripción de las tareas de dichas subpruebas se muestra en el Anexo 1.

Datos Conductuales utilizados como criterios de selección de los grupos

La diferencia entre los grupos con respecto a las siguientes variables: edad, coeficiente intelectual total, verbal y ejecutivo, se evaluó con un Análisis de Varianza de medidas repetidas (Anova Mixto).

No se encontraron diferencias en las medias de edad entre los grupos: grupo control ($X=10.4$) y grupo TL ($X=10.5$). Para el CI verbal, ejecutivo y total, se observaron diferencias significativas entre los grupos en CI verbal y CI total, con una tendencia para el CI ejecutivo. El patrón de estas diferencias es que los niños del grupo control tuvieron mayores puntuaciones que los niños con TL. Las diferencias de CI entre los grupos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Media y desviación estándar de los puntajes en la prueba WISC-R para los grupos control y experimental y Anova mixto de las diferencias.

Grupo Control	Grupo TL	Valor de F y significancia
C.I Verbal $X=110.5$ ± 8.5	$X=96.8\pm 11.2$	$F(1,28)=13.4$ $p<.01$
C.I Ejecutivo $X=101.1$ ± 9.1	$X=92.2\pm 14.5$	$F(1,28)=13.4$ $p<.06$
C.I Total $X=111.5$ ± 9.5	$X=95.2\pm 9.0$	$F(1,28)=7.2$ $p<.01$

Batería Neuropsicológica

Para evaluar estadísticamente las diferencias entre los grupos en las puntuaciones de la BNTAL, se aplicó un ANOVA Mixto para observar el efecto conjugado de las subpruebas que comprenden a cada una de las pruebas elegidas que se relacionan con el proceso de la lectura. La media y desviación estándar de dichos puntajes para cada grupo, se muestran en la tabla 3.

Tabla 4. Media y desviación estándar de los puntajes de las subpruebas de la BNTAL para los grupos control y experimental y Anova Mixto de las diferencias.

Subpruebas	Grupo Control	Grupo TL	Valor de F
<i>Proc. Fonológico</i>			
Síntesis de fonemas (A)	X=19.8±2.6	X=16.1 ±4.4	F (1,28)=7.3 p<.01
Análisis de palabras (A)	X=38.8 ±1.6	X=35.3 ±4.8	F (1,28)=6.7 p<.01
Den. Serial rápida dígitos (T)	X=28.2 ±6.3	X=33.6±9.3	F (1,28)=3.1 p<.08
Den. serial rápida figuras (T)	X=44.2 ±6.3	X=52.2 ±12.9	F (1,28)=4.3 p<.04
Den. serial rápida errores	X=2.4 ±1.9	X=4.7 ±3.0	F (1,28)=5.7 p<.02
<i>Repetición</i>			
Repetición de palabras (A)	X=29.7 ±0.6	X=28.9 ±0.9	F (1,28)=6.7 p<.01
<i>Lectura</i>			
Palabras frecuentes (T)	X=14.5 ±4.0	X=19.6 ±6.2	F (1,28)=6.5 p<.01
Palabras infrecuentes (T)	X=21.9 ±5.1	X=28.2 ±12.7	F (1,28)=2.9 p<.09
Pseudopalabras (T)	X=27.7 ±6.0	X=35.2±14.2	F (1,28)=3.3 p<.07
Total de palabras (A)	X=59.5 ±3.5	X=54.3 ±7.4	F (1,28)=5.6 p<.02
Decisión léxica (errores)	X=1.4 ±1.3	X=2.3 ±1,5	F (1,28)=2.9 p<.09
<i>Gramática</i>			
Inconcordancias gramaticales (A)	X=9.5 ±.07	X=8.1 ±1,5	F (1,28)=10.3 p<.00

(A): número de aciertos en la subprueba y (T): tiempo en segundos

Las tareas que mejor diferenciaron a los grupos pertenecieron a las subpruebas de: Procesamiento fonológico, lectura, repetición y gramática (aun cuando algunas tareas fueron marginalmente significativas).

Los resultados obtenidos en el WISC-R y la Batería neuropsicológica (BNTAL) permitieron clasificar la muestra de este trabajo en grupo control y grupo TL.

Estudio conductual de la expectancia semántica de oraciones en niños.

Se realizó un estudio conductual para construir las oraciones del corpus del paradigma de estimulación para el registro de los PRE, y conocer la expectancia semántica ante oraciones, que presentan niños mexicanos de 9 a 12 años que asisten a escuelas primarias públicas de 4º a 6º grado.

Para obtener dichas oraciones se hizo un estudio donde participaron 420 estudiantes de sexo masculino y femenino, de 9 a 12 años de edad, todos hablaban español y cursaban del cuarto al sexto grados de primaria en escuelas primarias públicas del municipio de Tultitlán, Edo. de México.

Diseño de oraciones

Se construyó un corpus de 285 oraciones con las siguientes características: a) Todas las oraciones se referían a situaciones concretas y fueron construidas correctamente tanto desde el punto de vista sintáctico como semántico, b) las oraciones tenían de 4 a 8 palabras de longitud, y presentaban diferentes estructuras gramaticales simples: (sujeto-verbo-complemento i.e.: "La gallina pone un huevo"; sujeto-verbo-preposición-complemento i.e.: "Yo huelo con la nariz"; sujeto-pronombre reflexivo-verbo-preposición-complemento i.e.: "Los guantes se ponen en las manos"; sujeto-verbo-frase nominal-preposición-complemento i.e.: " Rompimos la piñata con un palo"), c) las palabras que terminaban cada oración fueron sustantivos que tenían una alta frecuencia de uso según los siguientes diccionarios: "Del español usual en México" (Lara, 2002), "Diccionario del léxico infantil de México" (Ávila, 1989) y "Cómo usan los niños las palabras" (Alva et al., 2001), d) las oraciones presentaban diferentes restricciones contextuales. Así, el corpus contenía oraciones con restricción contextual fuerte (i.e. que se completan con una única palabra como en "La semana tiene siete ____"), moderada (.i.e. que admite varias palabras restringidas a un campo semántico como en "Lupe se sentó en el ____") o débil (i.e. que admite un número muy variado de palabras como en "Toño quiere un ____"), e) se evitaron frases hechas y refranes, f) a cada contexto se le quitó la última palabra, con objeto de que los niños la completaran, dicho contexto podía hacerse aceptable tanto sintáctica como semánticamente, al agregar una sola palabra.

Procedimiento:

El corpus original se dividió en dos cuadernillos, asignando las oraciones al azar, si bien en cada uno se presentaba un número semejante de los diferentes tipos de restricciones contextuales, de modo que el primer cuadernillo contenía 143 oraciones y el segundo, 142. Las oraciones fueron impresas con letra Courier de 12 puntos, en mayúsculas; la línea para colocar la palabra faltante medía de 3 a 3.5 cm. Doscientos diez sujetos contestaron las oraciones de cada uno de los cuadernillos.

Aplicación del corpus

El corpus se aplicó en el salón de clases a los grupos de niños de cada grado escolar. A cada niño se le repartió un cuadernillo que contenía las oraciones escritas y se les indicó que llenaran sus datos generales (nombre completo, grado escolar y fecha de nacimiento). Las instrucciones dadas a los niños fueron: "En estas hojas tienen ustedes muchas oraciones a las que les falta la última palabra. Su tarea es leer las oraciones con cuidado y completarlas con la primera palabra que les venga a la mente. Trabajen lo más rápido que puedan, tomando en cuenta lo siguiente: solamente usen una palabra, eviten utilizar nombres propios o palabras compuestas, no utilicen palabras largas ni groserías, traten de no repetir palabras. Una vez completada la frase no regresen a las frases atrasadas, continúen con las demás oraciones". Las instrucciones escritas en un cartel, fueron fijadas en el pizarrón del salón de clases para que estuvieran visibles durante la aplicación. Alguno de los investigadores permanecía en el salón de clases durante toda la aplicación, supervisando la ejecución de los niños.

Análisis de las Respuestas

Se contabilizó cada una de las oraciones, obteniéndose la sumatoria de las palabras finales de las oraciones. De este modo se obtuvo el porcentaje de palabras finales para cada una de las oraciones. Así, las oraciones se clasificaron en oraciones de alta frecuencia de cierre (llamadas oraciones cerradas) y las de baja frecuencia de cierre (oraciones abiertas), de acuerdo al siguiente criterio: Si la oración era completada con la misma palabra al menos por un 80% de la población, se consideraba una oración de alta frecuencia de cierre, y en cualquier otro caso, era una oración de baja frecuencia de cierre.

Este procedimiento se realizó para obtener las oraciones que serían incluidas en el paradigma de registro de los PRE, el cual incluyó cuatro grupos de oraciones: 1.- semánticamente congruentes y fonológicamente esperadas, 2.- semánticamente incongruentes y fonológicamente esperadas, 3.- semánticamente congruentes y fonológicamente inesperadas, 4.- semánticamente incongruentes y fonológicamente inesperadas. En relación con el concepto de fonológicamente "esperado" o "inesperado", éste se define por la frecuencia de cierre de la palabra, es decir, si una palabra de cierre tiene una alta frecuencia, se infiere que además de ser semánticamente esperada para esa oración, también lo es desde el punto de vista fonológico.

De las oraciones de alta frecuencia de cierre, se obtuvieron las oraciones para los grupos 1 y 2 mencionados anteriormente. Para el grupo 1, las oraciones se transcribieron sin cambio. Para el grupo 2, se sustituyó la palabra final por otra palabra cuyo primer fonema fuera el mismo que el de la palabra final, pero con un significado incongruente con la oración que cerraban.

De las oraciones de baja frecuencia de cierre, se obtuvieron las oraciones para los grupos 3 y 4. Para el grupo 3, se tomó el criterio de considerar las palabras que aparecían en tercero o cuarto lugar del porcentaje de frecuencias para la oración, y que de preferencia no se repitieran en los otros grupos de oraciones. Para el grupo 4, se sustituyó la palabra final de cada oración por una que careciera de sentido, teniendo en cuenta que apareciera en los diccionarios referidos. En todos los casos la palabra final tenía de 3 a 8 letras (1 a 3 sílabas).

Tipos de oraciones empleadas: Se manipularon las características fonológicas y/o semánticas de las palabras que cierran las oraciones en las cuatro condiciones siguientes: 1) La palabra terminal es fonológicamente y semánticamente apropiada para la oración ("Yo vivo en mi casa"); 2) La palabra terminal tiene el fonema inicial de la palabra más esperada para cerrar la oración, pero será semánticamente incongruente con ésta ["Los bebés toman letras" ("leche" sería la palabra más esperada)]; 3) La palabra terminal tiene el fonema inicial de una palabra inesperada que sin embargo es semánticamente congruente con la oración ["El gato atrapó al pájaro", ("ratón" sería la palabra más esperada)]; 4) la palabra terminal es fonológicamente inesperada y semánticamente incongruente con la oración ["La gallina

pone un tren”]. Se construyeron 69 oraciones por condición, de la forma descrita en el estudio conductual.

Paradigma de estimulación para obtención de los PRE

El paradigma consistió en la presentación auditiva de 276 oraciones (69 para cada tipo), dividida en bloques de 30 oraciones, de forma pseudoaleatoria (con la condición de que ningún tipo se repitiera más de 3 veces seguidas). Cada oración tenía de 4 a 8 palabras, se presentó por medio de audífonos, y fue controlada por computadora a través del programa de estimulación E-Prime. En todos los casos la última palabra de la oración fue un sustantivo. Las palabras que completaron el final de la oración se seleccionaron de las oraciones presentadas en el estudio conductual.

Los cuatro tipos de oraciones presentadas fueron grabadas usando una voz femenina, con entonación normal, digitalizadas a 44.1 Khz., monoaural a 16 bits y almacenadas en equipo de cómputo, tuvieron una intensidad de 60 dB (Holcomb et al., 1992). Las palabras finales tuvieron una duración promedio entre 500 y 700 ms y fueron presentadas binauralmente. Se presentó un silencio de 500 ms entre la oración y la palabra que la completaba, el intervalo interensayo (entre oración y oración) fue de 7 segundos, y se dieron intervalos de descanso de 1 a 2 minutos entre bloque y bloque, (cada bloque estuvo constituido por 30 oraciones).

Registro de PRE a los cuatro tipos de oraciones

El registro de los PRE se realizó en un equipo MEDICID 02 y la estimulación en una computadora con el programa E-Prime. El ancho de banda de los amplificadores de registro fue de 0.05 a 30 Hz. El intervalo de muestreo fue de 5 ms, tomándose una época de análisis de 1280 ms con un tiempo preestímulo de 100 ms. Se hicieron registros monopares en 19 derivaciones del sistema internacional 10/20, estos sitios fueron: Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3 T4, T5, T6, Fz Cz, y Pz, referidos a los lóbulos auriculares cortocircuitados (A1-A2), mediante una gorra “Electrocap” con electrodos de plata/cloruro de plata. El electro-oculograma (EOG) se registró con 2 electrodos adicionales colocados en el borde exterior y el supraorbitario

del ojo izquierdo. La impedancia de los electrodos se mantuvo siempre por debajo de los 10 k ohms, La estimulación se presentó por medio de audífonos, en un cuarto sonoamortiguado, estando el sujeto cómodamente sentado con la luz apagada.

Procedimiento

Los niños se encontraban familiarizados con el laboratorio, al cual habían asistido en ocasiones anteriores. Se les explicó que su tarea era escuchar unas oraciones y decidir "si estaban bien o mal", oprimiendo un botón diferente del mouse en cada caso (botón derecho para las oraciones correctas e izquierdas para las incorrectas), el cual fue contrabalanceado.

Al inicio de la sesión se realizó un entrenamiento con diez oraciones parecidas a las del estudio. Por otra parte, se acordó con los niños darles un premio (en efectivo) para instarlos a realizar su mejor esfuerzo.

Al inicio de cada oración, apareció en el monitor de la computadora un rectángulo negro sobre un fondo azul al que los menores debían dirigir la mirada durante toda la presentación de la oración. Esto se hizo para minimizar los movimientos oculares y mantener un adecuado nivel de atención en los niños, el cual se monitoreaba constantemente. Para evitar la contaminación de los PRE con la respuesta motora, se pidió al niño que demorara su respuesta hasta que apareciera un letrero con la leyenda: "Responde: ¿Bien o mal?". Éste aparecía 3 s después del final de la última palabra de cada oración, manteniéndose por 4 s más, que era el máximo tiempo de respuesta permitido. Aproximadamente cada 4 ó 5 minutos, se daba un descanso a los niños y se les instruyó para parpadear solamente cuando aparecía en pantalla la leyenda.

Análisis de Datos

Conductuales

Tiempos de Reacción y Porcentaje de Respuestas Correctas para los diferentes tipos de oraciones: Se usó un Anova Mixto para comparar a los grupos en sus tiempos de reacción (TR) y sus porcentajes de respuestas correctas en los cuatro tipos de oraciones utilizadas para el registro de los PRE.

Electrofisiológicos

Los segmentos del electroencefalograma (EEG) se editaron visualmente y se rechazaron todos los segmentos con movimientos oculares, musculares u otro tipo de artefactos, también los que tuvieran actividad EEG que excediera los ± 80 V. Se promediaron separadamente los segmentos para la última palabra de cada tipo de oración. Se trató de que para cada sujeto, los segmentos escogidos para cada tipo de oración fueran similares en número, quedando así un promedio de 20 segmentos libres de artefacto para cada tipo de oración, excepto para las oraciones tipo 3 (ver resultados). Este tipo de oraciones fue eliminado para el análisis estadístico de los resultados.

Para identificar los componentes PMN y N400, se realizó un primer Anova Mixto en ventanas de 50 ms en donde se encontraron efectos significativos para Condición o sus interacciones con Electrodo, con Grupo, o con Hemisferio, desde la ventana de los 200 ms hasta la de los 650 ms, tanto para los electrodos de la línea media como los de la línea lateral (ver anexo 2).

Tanto el análisis de ventanas de 50 ms como el análisis visual de los grandes promedios de los PRE para los diferentes tipos de oraciones, nos permitieron escoger las siguientes ventanas de análisis para los componentes señalados y para ambos grupos de participantes: Para PMN de 330 a 430 ms, y para N400 de 515 a 615 ms. Para el análisis de las medidas de amplitud de los componentes PMN y N400, se utilizó un Anova Mixto. Se aplicó la corrección de Huynh-Feldt a todos los análisis con más de un grado de libertad en el numerador. El análisis post-hoc se efectuó con la prueba de Diferencias Mínimas Cuadradas (Least Square Differences).

Se llevó a cabo un Ómnibus Anova Mixto para la amplitud promedio de la PMN y de la N400, por separado, en las ventanas de análisis señaladas. Los análisis de los datos para los electrodos de la línea media y los laterales fueron tratados estadísticamente de manera separada, para evaluar la distribución craneal de los efectos de los PRE y la significancia de las diferencias entre los electrodos del hemisferio izquierdo vs derecho.

Para los electrodos laterales, se llevó a cabo un Anova Mixto de cuatro vías con los factores: Grupo (control vs TL), Condición (oraciones tipo 1 vs 2 vs tipo 4), Hemisferio (izquierdo vs derecho), y localización de electrodo: Fp1-Fp2, F3-F4, C3-C4, P3-P4, O1-O2, F7-F8, T3-T4, T5-T6.

Para los electrodos de la línea media, se efectuó un Anova Mixto de tres vías con los factores: Grupo (control vs TL), Condición (oraciones tipo 1 vs tipo 2 vs tipo 4), Localización Antero-Posterior de electrodos (Fz, Cz, Pz).

Para evaluar el efecto del tipo de oración (condición) en la amplitud de PMN y de N400 para cada grupo por separado, se hizo un Anova Mixto con los factores: condición y electrodo para los electrodos de línea media; y para los electrodos laterales con los factores: condición, hemisferio y localización.

RESULTADOS

Conductuales

PORCENTAJE DE RESPUESTAS CORRECTAS PARA LOS CUATRO TIPOS DE ORACIÓN

Se encontró un efecto principal por tipo de oración: $F(1,33, 38.58)=131.90$ $p<.000$ que señala diferencias en los porcentajes de respuestas correctas para cada tipo de oración. En la tabla 5 se muestran los resultados, y se puede observar que las oraciones tipo 3 tienen el 50 por ciento de respuestas correctas lo que permite inferir que los niños contestaron de manera azarosa, y por ello las oraciones tipo 3 fueron eliminadas del análisis de los PRE. Las diferencias entre grupos no fueron significativas.

Tabla 5. Media y D.E. (Desviación Estándar) del porcentaje de respuestas correctas para cada tipo de oración y para cada grupo.

ORACIONES TIPO 1	X C=91.2±5.5
	X TL=86.2±10.1
ORACIONES TIPO 2	X C=96.1±2.4
	X TL=92.4±3.7
ORACIONES TIPO 3	X C=50.9±18.5
	X TL=49.4±17.4
ORACIONES TIPO 4	X C=94.8±5.0
	X TL=92.2±5.4

C: Control

TL: Trast. De Lectura

El análisis post-hoc (prueba LSD) mostró que las oraciones con mayor porcentaje de respuestas correctas fueron las tipo 2 y las tipo 4 (que no mostraron diferencias significativas entre sí). Las oraciones tipo 1 presentaron significativamente menor porcentaje de respuestas correctas que las tipo 2 o tipo 4, lo que indica que en este estudio las oraciones tipo 2 y tipo 4 fueron las más fáciles de identificar. Por otra parte

las oraciones tipo 3 tuvieron el porcentaje más bajo de aciertos de todas las oraciones presentadas, como se explicó en el párrafo anterior. Esto se muestra en la tabla 6.

TABLA 6.- Análisis post hoc del porcentaje de respuestas correctas para cada tipo de oración.

Medias	D.E	Tipo de oración	Medias de diferencias	Significancia
1=88.71	1.52	1 vs 2	(-5.61)	.001
2=94.32	0.58	1 vs 3	(-38.36)	.000
3=50.34	3.38	1 vs 4	(-4.44)	.002
4=93.55	0.97	2 vs 3	(43.98)	.000
		3 vs 4	(-43.20)	.000

TIEMPOS DE REACCIÓN PARA LOS CUATRO TIPOS DE ORACIÓN

Se encontró un efecto principal por tipo de oración: $F(2.90, 78.42) = 69.35$ $p < .000$ que señala diferencias en los tiempos de reacción de las respuestas correctas para cada tipo de oración. Se puede observar que las oraciones tipo 3 tienen los tiempos de reacción más lentos que los otros tipos de oración confirmando que en este tipo de oraciones los niños fueron más lentos y erráticos. Nuevamente las diferencias entre grupos no fueron significativas. Los resultados se muestran en la tabla 7

Tabla 7.- Promedio de las Medianas y D.E. de los tiempos de reacción para cada tipo de oración y para cada grupo.

Oraciones tipo 1	X C=4587.9±305.9 ms
	X TL=4588.6±317.8 ms
Oraciones tipo 2	X C=4830.4±306.3 ms
	X TL=4843.9±316.9 ms
Oraciones tipo 3	X C =4917.0±304.8 ms
	X TL=4915.8±345.2 ms
Oraciones tipo 4	X C=4651.5±269.8 ms
	X TL=4648.9±320.6 ms

C: Control
TL: Trast. De Lectura

Puede observarse que las oraciones con menor tiempo de reacción fueron las de tipo 1 a las que los niños respondieron significativamente más rápido que a cualquier otro tipo. Le siguieron las oraciones tipo 4 que fueron también identificadas significativamente más rápido que las tipo 3 o tipo 2; esto podría señalar que las oraciones tipo 1 y tipo 4 fueron las más fáciles de identificar para los niños. También las oraciones tipo 3 fueron en las que los niños mostraron mayor tiempo de reacción respecto a todas las demás. Debe mencionarse sin embargo que en este estudio la medida de los tiempos de reacción no es tan confiable porque, dado el diseño del experimento, la respuesta de los niños fue diferida.

Los hallazgos del análisis post hoc se muestran en la tabla 8.

TABLA 8- Análisis post hoc del tiempo de reacción para cada tipo de oración.

Medias (ms)	D.E.	Tipo de oración	Medias de diferencias	Significancia
1= 4588.28	57.98	1 vs 2	(-248.88)	.000
2=4837.16	57.94	1 vs 3	(-328.15)	.000
3=4916.44	60.63	1 vs 4	(-61.89)	.020
4=4650.18	55.22	2 vs 3	(79.27)	.012
		2 vs 4	(186.98)	.000
		3 vs 4	(266)	.000

Medidas Electrofisiológicas.

La figura 1 ilustra los PRE obtenidos para las palabras finales de los tres tipos de oraciones para el grupo control en las 19 derivaciones registradas.

Para los tres tipos de oraciones, se encontró una onda negativa que se inició alrededor de los 200 ms y se prolongó hasta los 700 ms aproximadamente (en la línea media). Esta negatividad fue mayor para las oraciones tipo 2 y tipo 4 respecto a las tipo 1, (este es el efecto N400) y la diferencia fue mayor entre los 500 y los 650 ms y fue más notable para las regiones centrales y parietales que para las frontales. También se observó mayor diferencia para esta negatividad en los electrodos de la línea media y

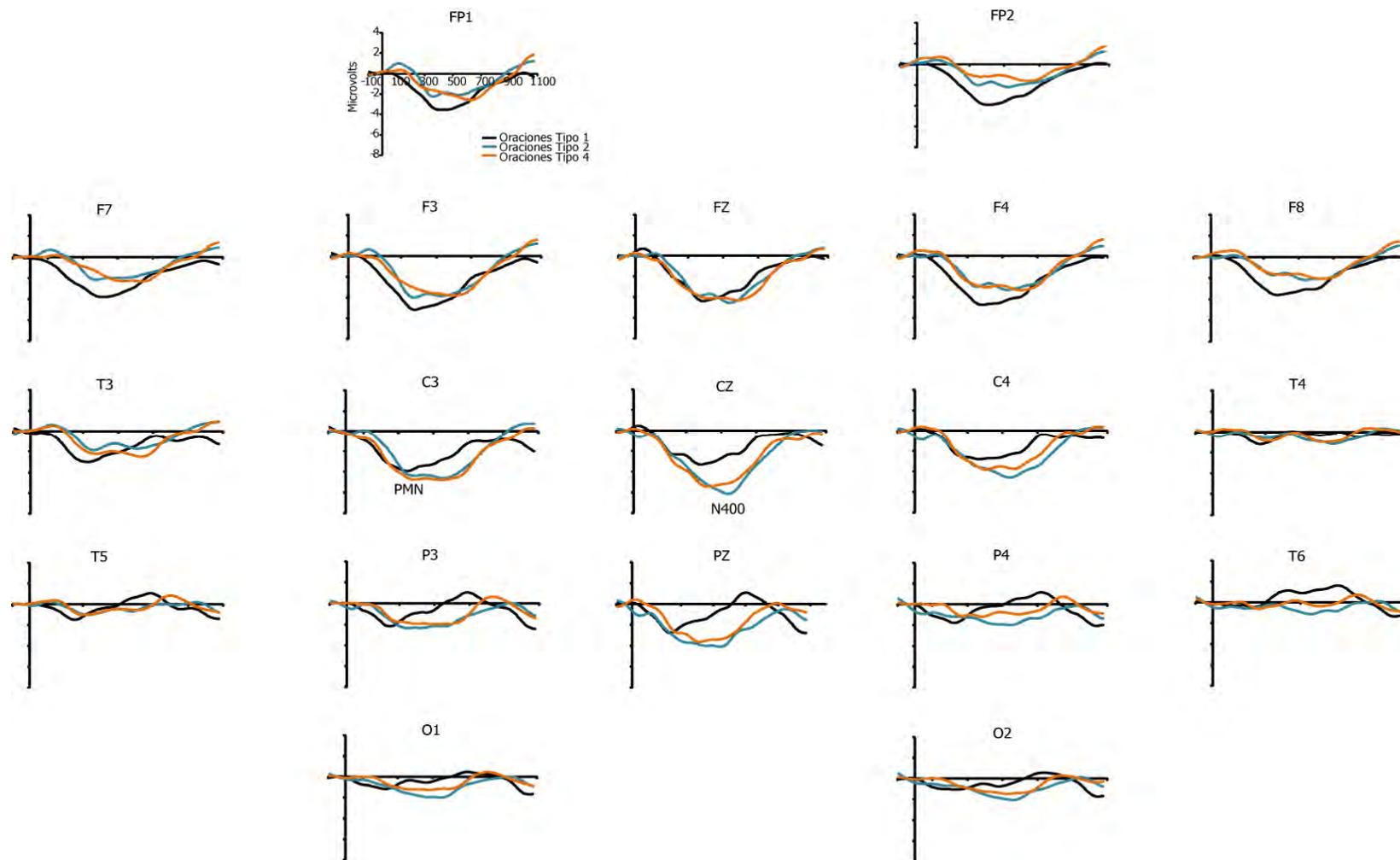


FIGURA 1. Gran promedio de los PRE del grupo control: comparación de las oraciones tipo 1 (línea negra) vs tipo 2 (línea azul) vs tipo 4 (línea naranja). Se muestran los componentes PMN y N400. La positividad se grafica hacia arriba y se presentan las 19 derivaciones del sistema internacional 10 – 20.

en los electrodos de línea lateral próxima (C3-C4, P3-P4) que en los electrodos laterales distales (T3-T4, T5-T6).

En la latencia de 370 ms se observa una discreta deflexión negativa -que no tiene una morfología bien definida- en todas las derivaciones frontales (en donde esta deflexión es de mayor amplitud para las oraciones tipo 1, aunque se ve también de menor tamaño para las tipo 2) y un poco más pequeña en las derivaciones Cz, C3 y C4 en donde es ligeramente mayor para las oraciones tipo 2 y tipo 4. Esta pequeña deflexión la podríamos asociar con el componente PMN descrito para adultos por Connolly y Philips, (1994), llamado N2 ó N200 por Van Den Brink et al., (2001), que sin embargo no ha sido descrito en los PRE para oraciones auditivas en niños por Holcomb et al., (1992) ni por Atchley et al., (2006).

En la figura 2 se representan los PRE registrados a las palabras finales de los tres tipos de oraciones en el grupo con TL en las 19 derivaciones registradas. Al igual que en el grupo control, se observó una onda negativa para los tres tipos de oraciones. La negatividad de mayor amplitud se registró entre los 200 y los 700 ms para las oraciones tipo 4 respecto de la tipo 2 y tipo 1. Para este grupo, la topografía del efecto N400 se evidenció más en las regiones parietales y centrales que en las frontales y más en los electrodos de la línea media y los laterales proximales que en los distales.

En la latencia de los 330 ms, se observa para el grupo TL una discreta deflexión negativa que podría asociarse con la PMN, aparece un poco más definida en los electrodos de la línea media para las oraciones tipo 1. Esta deflexión es ligeramente mayor en derivaciones centrales y parietales que en frontales.

RESULTADOS CON EL OMNIBUS ANOVA

PMN

Los resultados del ómnibus Anova Mixto para el grupo total de la muestra (N=22), mostraron una interacción significativa Condición X Electrodo: $F(3.8, 77.11) = 3.76$ $p < .008$ para los electrodos de la línea media. La prueba LSD reveló que, en contra de lo esperado, en el electrodo Fz la amplitud de PMN fue marginalmente mayor en las

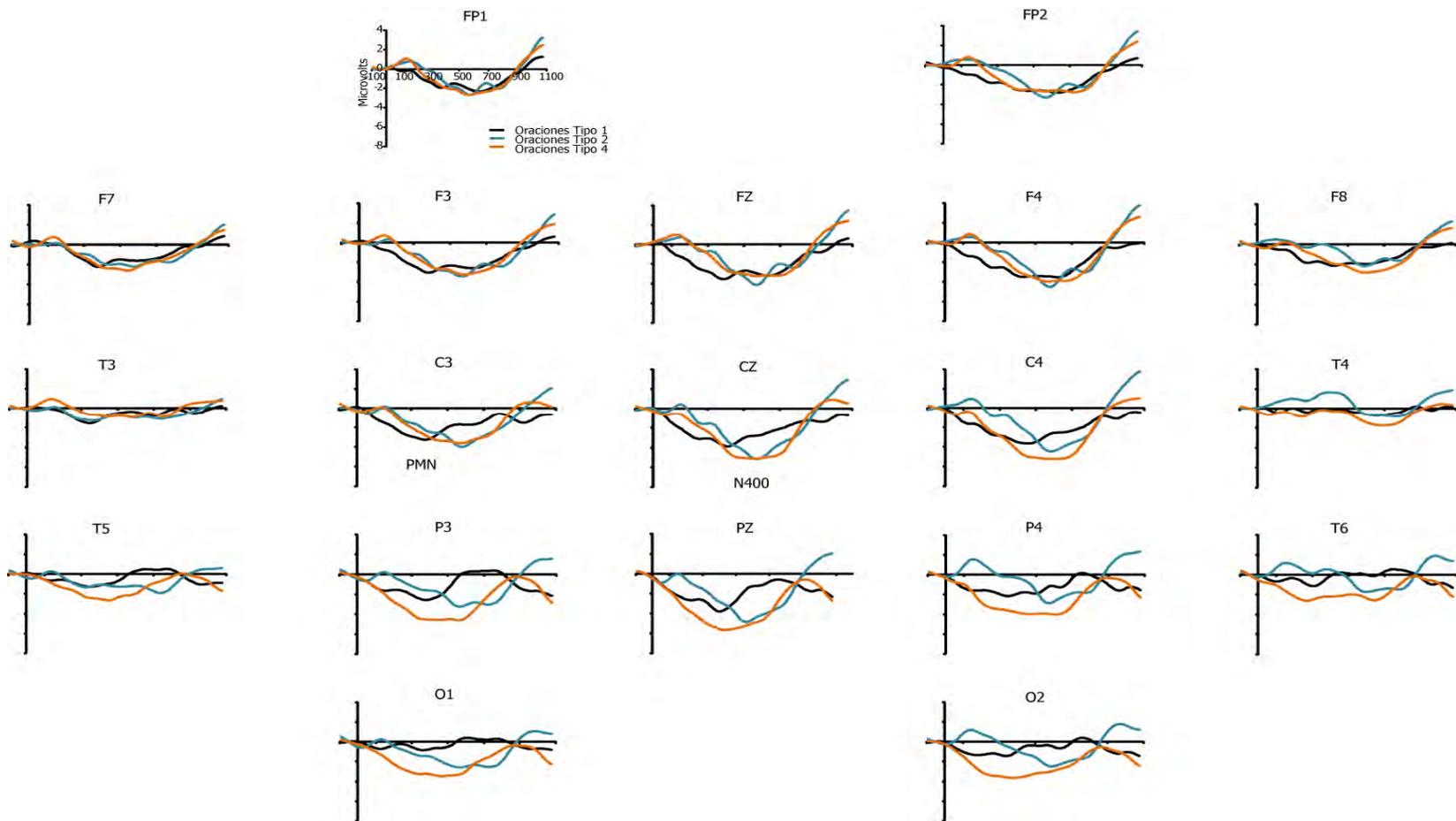


FIGURA 2. Gran promedio de los PRE del grupo TL: comparación de las oraciones tipo 1 (línea negra) vs tipo 2 (línea azul) vs tipo 4 (línea naranja). Se muestran los componentes PMN y N400. La positividad se grafica hacia arriba y se presentan las 19 derivaciones del sistema internacional 10 – 20.

oraciones tipo 1 ($X=-3.99$ V) que en las tipo 2 ($X=-3.35$ V) ($p<.08$) y las tipo 4 ($X=-2.79$ V) ($p<.07$). No se mostró ningún efecto de grupo.

Para los electrodos de la línea lateral se mostraron tres interacciones significativas, que se muestran a continuación: Condición X Electrodo: $F(5.7, 115.1)=4.11$ $p<.001$. La prueba LSD mostró diferencias en contra de lo esperado para los electrodos Fp1-Fp2 en donde las oraciones tipo 1 ($X=-3.07$ V) mostraron mayor amplitud de la PMN que las oraciones tipo 2 ($X=-1.67$ V) ($p<.015$) y las tipo 4 ($X=-1.33$ V) ($p<.047$); para los electrodos F3-F4 en donde las oraciones tipo 1 ($X=-4.08$ V) mostraron mayor amplitud de la PMN que las oraciones tipo 2 ($X=-2.50$ V) ($p<.025$) y las oraciones tipo 4 ($X=-2.27$ V) ($p<.013$); para los electrodos F7-F8 en donde las oraciones tipo 1 ($X=-2.70$ V) tuvieron mayor amplitud de la PMN que las oraciones tipo 2 ($X=-1.08$ V) ($p<.002$) y las oraciones tipo 4 ($X=-1.31$ V) ($p<.009$) y finalmente para los electrodos T3-T4 en donde las oraciones tipo 1 ($X=-1.43$ V) mostraron mayor amplitud de la PMN que las oraciones tipo 2 ($X=-0.38$ V) ($p<.036$).

Al contrario de la tendencia anterior, para los electrodos O1-O2 las oraciones tipo 1 ($X=-0.98$ V) mostraron menor amplitud que las oraciones tipo 4 ($X=-2.06$ V) ($p<.038$).

Otra interacción significativa fue Condición X Hemisferio: $F(2.0, 40.0)=4.22$ $p<.022$. La prueba LSD reveló que en el hemisferio derecho la amplitud de PMN fue mayor para las oraciones tipo 1 ($X=-2.18$ V) que para las tipo 2 ($X=-1.20$ V) ($p<.04$).

La última interacción significativa para la PMN fue Hemisferio X Grupo: $F(1.0, 20.0)=4.49$ $p<.047$, pero la prueba LSD no mostró resultados significativos. (Ver tabla 9). Es importante mencionar que no se obtuvo efecto ni interacción significativa de grupo.

TABLA 9. ANOVA MIXTO DEL COMPONENTE PMN

ELECTRODOS	INTERACCIONES SIGNIFICATIVAS	TIPO DE ORACIÓN (LSD)
Línea Media Fz	Condición x electrodo F(3.8, 77.11)=3.76 p<0.008	1 vs 2 vs 4 1 (X=-3.99) 2 (X=-3.35) (p<0.08) 4 (X=-2.79) (p<0.07)
Línea Lateral FP1 – FP2	Condición x electrodo F (5.7, 115.1)=4.11 p<0.001	1 (X=-3.07) 2 (X=-1.67) (p<0.015) 4 (X=-1.33) (p<0.047)
F3 - F4		1 (X=-4.08) 2 (X=-2.50) (p<0.025) 4 (X=-2.27) (p<0.013)
F7 - F8		1 (X=-2.70) 2 (X=-1.08) (p<0.002) 4 (X=-1.31) (p<0.009)
T3 – T4		1 (X=-1.43) 2 (X=-0.38) (p<0.036)
O1 – O2		1 (X=-0.98) 2 (X=-2.06) (p<0.038)
Hemisferio derecho (LSD)	Condición x hemisferio F (2.0, 40.0)=4.22 p<0.022	1 (X=-2.18) 2 (X=-1.20) (p<0.04)
Hemisferio izquierdo (LSD)	Hemisferio x grupo F (1.0, 20.0)=4.49 p<0.47	n.s.

N400

Para los electrodos de la línea media, el ANOVA Mixto mostró un efecto principal de condición $F(1.8, 36.3)=6.57$ $p<.005$, señalando también una interacción significativa entre Condición X Electrodo: $F(3.0, 61.0)=4.81$ $p<.004$, lo que significa diferencias para la amplitud de N400 en los tres tipos de oraciones. La prueba LSD de Condición por Electrodo reveló que para el electrodo Cz la amplitud de N400 fue mayor en las oraciones tipo 2 (X=-5.56 V) (p<.002) respecto a las tipo 1 (X=-4.15 V), y en las oraciones tipo 4 (X=-4.51 V) (p<.028) respecto a las tipo 1 (X=-4.15 V). No se encontró efecto significativo de grupo.

Respecto a los electrodos laterales, se encontró significativa la interacción Condición X Electrodo $F(4.6, 92.0)=5.54$ $p<.000$. La prueba LSD mostró mayor amplitud de la N400 para los electrodos C3-C4 en las oraciones tipo 2 (X=-4.44 V) (p<.022) y tipo 4 (X=-4.19 V) (p<.025) respecto a las tipo 1 (X=-2.68 V); para los electrodos P3-P4 en

las oraciones tipo 2 ($X=-2.67$ V) ($p<.016$) y tipo 4 ($X=-2.44$ V) ($p<.011$) respecto a la tipo 1 ($X=-0.45$ V); para los electrodos O1-O2 en las oraciones tipo 2 ($X=-2.27$ V) ($p<.001$) y tipo 4 ($X=-1.95$ V) ($p<.001$) respecto a las tipo 1 ($X=-0.14$ V) y, finalmente, para los electrodos T5-T6 en las oraciones tipo 2 ($X=-1.28$ V) ($p<.016$) y tipo 4 ($X=-1.16$ V) ($p<.011$) respecto a las tipo 1 ($X=0.24$ V). Nuevamente no se mostró efecto de grupo (Ver tabla 10).

TABLA 10. ANOVA MIXTO DEL COMPONENTE N400

ELECTRODOS	EFFECTOS E INTERACCIONES SIGNIFICATIVAS	TIPO DE ORACION
Línea Media Cz	Condición $F(1.8, 6.3)=6.57$ $p<.005$ Condición X Electrodo $F(3.0, 61.0)=4.81$ $p<.004$	2 ($x=-5.56$ V) 1 ($x=-4.15$ V) ($p<.002$) 4 ($x=-4.51$ V)
Línea Lateral C3-C4	Condición X Electrodo $F(4.6, 92.0)=5.54$ $p<.000$	1 ($x=-2.68$ V) 2 ($x=-4.44$ V) ($p<.022$) 4 ($x=-4.19$ V) ($p<.025$)
P3-P4		1 ($x=-0.45$ V) 2 ($x=-2.67$ V) ($p<.016$) 4 ($x=-2.44$ V) ($p<.011$)
O1-O2		1 ($x=-0.14$ V) 2 ($x=-2.27$ V) ($p<.001$) 4 ($x=-1.95$ V) ($p<.001$)
T5-T6		1 ($x=0.24$ V) 2 ($x=-1.28$ V) ($p<.016$) 4 ($x=-1.16$ V) ($p<.011$)

ANOVA-RM PARA EL GRUPO CONTROL

PMN

Se valoraron los efectos del tipo de oración en la PMN para cada grupo por separado, (Control $N=11$ y TL $N=11$), se hizo un ANOVA RM de tres vías (Condición X Hemisferio X Electrodo).

Para el grupo control en los electrodos de la Línea Media se encontró una interacción Condición X Electrodo: $F(3.37, 33.7)=2.90$ $p<.044$. La prueba LSD no mostró ninguna diferencia para los tipos de oraciones.

Para los electrodos laterales se encontró la interacción Condición X Electrodo: $F(4.9, 49)=3.18$ $p<.015$. En contra de lo esperado, la prueba LSD mostró menor negatividad de la PMN en Fp1-Fp2 para las oraciones tipo 2 ($X=-1.96$ V) ($p<.033$) y tipo 4 ($X=-1.57$ V) ($p<.04$), respecto a las tipo 1 ($X=-3.74$ V); en F3-F4 para las oraciones tipo 4 ($X=-2.87$ V) ($p<.021$) respecto a las tipo 1 ($X=-5.00$ V); en F7-F8- para las oraciones tipo 2 ($X=-1.64$ V) ($p<.025$) y tipo 4 ($X=-1.31$ V) ($p<.003$) respecto a las tipo 1 ($X=-3.50$ V).

N400

Para valorar los efectos del tipo de oración en la N400 para el grupo de 11 sujetos controles, el Anova Mixto de tres vías (Condición X Hemisferio X Electrodo) mostró un efecto principal de Condición para los electrodos de la línea media: $F(2.00, 20)=9.61$ ($p<.001$) que señaló el efecto N400 para las oraciones tipo 2 ($X=-5.16$ V) ($p<.001$) y tipo 4 ($X=-4.45$ V) ($p<.017$) respecto a las tipo 1 ($X=-1.95$ V). Para este grupo, el efecto N400 se observó en las oraciones tipo 2 y tipo 4 en los electrodos Cz y Pz (Condición X Electrodo: $F(2.71, 27.09)=4.93$; $p<.009$). La prueba LSD mostró mayor amplitud de la N400 en Cz para las oraciones tipo 2 ($X=-6.53$ V) ($p<.000$) y tipo 4 ($X=-4.55$ V) ($p<.014$) respecto a las tipo 1 ($X=-1.85$ V); y en Pz para las oraciones tipo 2 ($X=-4.55$ V) ($p<.014$) y tipo 4 ($X=-3.96$ V) ($p<.005$) respecto a las tipo 1 ($X=-0.64$ V).

Para los electrodos de la línea lateral no se encontró efecto de condición, sino una interacción Condición X Electrodo: $F(3.4, 34.1)=4.51$; $p<.007$. La prueba LSD mostró mayor amplitud de N400 en C3-C4 para las oraciones tipo 2 ($X=-4.91$ V) ($p<.006$) y tipo 4 ($X=-4.36$ V) ($p<.032$) respecto a las tipo 1 ($X=-2.33$ V); en P3-P4 para las oraciones tipo 2 ($X=-2.41$ V) ($p<.039$) y tipo 4 ($X=-1.81$ V) ($p<.022$) respecto a las tipo 1 ($X=-0.30$ V); en T5-T6 para las oraciones tipo 2 ($X=-1.16$ V) ($p<.044$) y tipo 4 ($X=-.709$ V) ($p<.018$) respecto a las tipo 1 ($X=0.95$ V); y en O1-O2 en las oraciones tipo 2 ($X=-2.03$ V) ($p<.048$) y tipo 4 ($X=-1.48$ V) ($p<.039$) respecto a las tipo 1 ($X=-.01$ V).

ANOVA-RM PARA EL GRUPO TL

PMN

Se valoraron los efectos del tipo de oración en la PMN para este grupo por separado, con un ANOVA-RM de tres vías (Condición X Hemisferio X Electrodo). En los electrodos de la línea media no hubo efectos significativos.

En los electrodos de la Línea Lateral, se encontró una interacción significativa Condición X Hemisferio: $F(2.0, 20.0)=4.20$ $p<.030$. La prueba LSD mostró que en el hemisferio derecho la amplitud de PMN fue mayor para las oraciones tipo 1 ($X=-2.26$ V) que para las oraciones tipo 2 ($X=-.796$ V) ($p<.06$); y para las oraciones tipo 4 ($X=-.226$ V) que para las tipo 2 ($p<.038$).

N400

Para el grupo de 11 sujetos con TL, no se encontró efecto principal ni interacciones significativas para el factor condición en los electrodos de la línea media (Condición: $F(1.63, 16.31) = .895$; $p<.408$. Condición X Electrodo: $F(3.11, 31.14) = 1.91$; $p<.147$).

Para los electrodos de la línea lateral, se encontró una tendencia a que la interacción Condición X electrodo fuera significativa: $F(6.39, 63.90)=2.08$ $p<.06$, indicando según la prueba LSD mayor negatividad en O1 y O2 para las oraciones tipo 2 ($X=-2.52$ V) ($p<.007$) y tipo 4 ($X=-2.43$ V) ($p<.012$) respecto a las tipo 1 ($X=-0.18$ V).

Todo lo anterior puede indicar un efecto N400 débil en las oraciones incongruentes, o también mayor variabilidad respecto a la amplitud de este componente en el grupo de niños con TL.

DISCUSIÓN

Los trabajos realizados en niños con trastorno de aprendizaje de la lectura consideran al procesamiento fonológico como el problema fundamental que subyace a estos trastornos, dicho procesamiento es un prerrequisito para la adquisición de la lectura, y debe estar consolidado cuando dicha adquisición se establezca.

Teóricamente la hipótesis interactivo- compensatoria de Stanovich (1984), supone que la lectura opera tanto de niveles inferiores a superiores como en sentido opuesto en forma simultánea o alternativa; este modelo postula que en todos los niveles se da una síntesis de información (semántica, sintáctica, lexical y ortográfica) durante el proceso de lectura. A este modelo interactivo, Stanovich añade la hipótesis compensatoria la cual es clave para determinar cómo un nivel compensa las deficiencias de otro nivel. Si hay deficiencias en un proceso de orden inferior, un proceso de orden superior puede compensarlo. De acuerdo a este modelo, un lector deficiente que muestra habilidades pobres de decodificación puede auxiliarse de factores contextuales para el reconocimiento de palabras (Yáñez, 2000).

Los hallazgos conductuales encontrados en la Batería Neuropsicológica para Niños con Trastorno del Aprendizaje de la Lectura (BNTAL) en el presente estudio, mostraron diferencias entre los niños control y TL, las cuales presentan correspondencia con las deficiencias descritas por la literatura especializada; así, las puntuaciones obtenidas en las subpruebas de procesamiento fonológico, lectura, repetición y gramática (en donde se observan fallas en la conciencia fonológica y en las habilidades de decodificación como la capacidad de aislar y manipular segmentos de palabras, detección, mezclado de fonemas y velocidad en la tasa de acceso para denominar), señalan que los niños con TL presentan déficits en el procesamiento fonológico respecto a los niños control; también los niños con TL ejecutaron en forma deficiente algunas subpruebas que tienen relación con el procesamiento semántico (decisión léxica). Respecto a esto se podría señalar que este tipo de tareas requieren de la habilidad para el acceso fácil y rápido a la información almacenada, y los niños con TL no pueden recuperar información fonológico-semántica de forma eficiente ya que no han alcanzado el dominio y automatización de estas subhabilidades, y esto nos permite clasificarlos de forma clara como niños con trastorno de lectura.

Se puede concluir que debido al perfil mencionado arriba, los niños con TL presentan mayor lentitud y son más deficientes en el procesamiento de la lectura, lo cual está en relación con los modelos teóricos que afirman que el procesamiento fonológico es determinante en la eficacia de la lectura, y cuanto más automatizado se encuentre mayor será la comprensión de la lectura. El aprendizaje de la lectura puede verse afectado por otros procesos del lenguaje como la comprensión auditiva, y probablemente por esta razón, los niños con TL en general, suelen mostrar deficiencias en ambos procesos. Y aun cuando el modelo interactivo-compensatorio no se hizo para explicar la comprensión auditiva, se puede inferir que dicha comprensión también se da por etapas, y en ellas puede haber compensación de un nivel a otro. Por otra parte, los niños TL de la muestra de este experimento no evidenciaron en la BNTAL diferencias en la comprensión auditiva respecto a los controles, lo que también pudiera estar relacionado con los resultados de los PRE obtenidos en este experimento.

Resultados Conductuales del Registro de los Potenciales Relacionados con Eventos.

Ambos grupos mostraron ejecuciones similares en la tarea de comprensión auditiva de oraciones en las medidas de tiempo de reacción y porcentaje de respuestas correctas. Lo que sugiere que conductualmente el procesamiento semántico es relativamente similar en niños control y niños con TL.

Ambos grupos de niños identificaron con mayor exactitud las oraciones tipo 2 (fonológicamente esperadas semánticamente incongruentes) y tipo 4 (fonológicamente inesperadas semánticamente incongruentes).

En cuanto a la velocidad de respuesta, las oraciones tipo 1 (fonológicamente esperadas semánticamente congruentes) y tipo 4 tuvieron significativamente menores tiempos de reacción.

Las oraciones tipo 2 y 4 fueron las que se reconocieron con mayor precisión, éstos dos tipos de oraciones comparten el ser semánticamente incongruentes lo que las hace ser oraciones inesperadas en el contexto del habla cotidiana, lo que pudo haber producido un mayor nivel de atención para estas oraciones. De acuerdo a Sabisch et al. (2006), el nivel de atención aumenta cuando el sistema detecta anomalías las cuales no se dan de manera frecuente en una conversación cotidiana. Sin embargo, esto no se reflejó

fielmente en los tiempos de reacción pues solamente las oraciones tipo 4 mostraron el tiempo de reacción más bajo. Aquí es necesario señalar que la medición de TR fue demorada debido a nuestro diseño experimental, lo que hace que las medidas de TR no sean tan exactas.

Por otra parte, fue evidente que las oraciones tipo 3 (fonológicamente inesperadas semánticamente congruentes), fueron las peor identificadas y las que más tiempo requirieron para su identificación. Esto pudo deberse a que los niños manejan un vocabulario reducido que condiciona una baja expectancia semántica, esto es que los niños esperan una o dos palabras para el cierre de una oración dada, y al encontrarse con una palabra de cierre poco frecuente, las oraciones se volvieron difíciles de identificar haciéndose ambiguas para su juicio semántico. Lo anterior pudo haber influido en que los niños contestaran estas oraciones de manera azarosa.

Es importante resaltar que el corpus de oraciones utilizado en este estudio se realizó específicamente para este experimento, dicho corpus es representativo de las habilidades de comprensión de oraciones en los niños de 9 a 12 de escuelas públicas mexicanas. Las expresiones fueron fácilmente comprensibles y con una estructura gramatical simple, de las cuales se obtuvieron normas mexicanas (Rodríguez et al., 2007 en prensa). Esto es importante porque las oraciones se estructuraron específicamente para poder diseñar el paradigma que se utilizó, y que tuvo como objetivo evaluar los efectos que tiene el contexto sobre la comprensión del lenguaje en niños.

Resultados Electrofisiológicos.

Este es uno de los pocos estudios de los mecanismos fisiológicos implicados en la comprensión auditiva de oraciones, sobre todo en niños. Otros estudios en niños que están en relación con el presente son el de Atchley et al., (2006), el de Sabisch et al. (2006) y el de Holcomb et al. (1992). Si bien las oraciones empleadas en cada uno de ellos tiene una estructura gramatical algo diferente, y los métodos de estimulación no son exactamente iguales, los hallazgos electrofisiológicos son parecidos, pues tanto en este estudio como en los mencionados se encuentra una onda negativa de larga duración con un inicio sobre los 200 ms y que se prolonga hasta los 700 ms o más,

que se identifica como N400 y que es de mayor amplitud para las oraciones incongruentes que para las congruentes.

N400

En este estudio pudo comprobarse un efecto N400 (mayor amplitud para las oraciones incongruentes que para las congruentes) para las oraciones tipo 2 y tipo 4 en ambos grupos de niños. Esto era lo esperado para estos dos tipos de oraciones según lo reportado en el estudio de Connolly y Phillips (1994) en adultos. El efecto N400 visto para estas oraciones se interpreta como un mayor esfuerzo en el procesamiento semántico para las oraciones incongruentes respecto de las congruentes.

Un hallazgo importante de este trabajo fue que para el componente N400, no se evidenciaron diferencias entre los niños del grupo control y los del grupo con TL. El ómnibus ANOVA Mixto *no* mostró diferencias entre los grupos y el RM ANOVA hecho para cada grupo por separado, mostró interacciones significativas para el efecto condición en ambos grupos (si bien en el TL fue solo una tendencia significativa). El hecho de que el efecto N400 pareciera ser más débil en este grupo puede deberse a una mayor variabilidad de la amplitud de N400 en el grupo con TL (lo que se pudo comprobar por una mayor desviación estándar para esta medida en los TL). Por otra parte, la morfología de los PRE no parece ser diferente entre los grupos.

Otro aspecto que refuerza este hallazgo son las medidas conductuales de los tiempos de reacción y los aciertos que obtuvieron ambos grupos. Dichas medidas mostraron ejecuciones similares, lo cual nos señala que el procesamiento de comprensión auditiva es similar en niños del grupo control y TL.

Por otra parte, la interacción condición por electrodo encontrada en el ómnibus ANOVA Mixto, señaló una topografía centro parietal y en regiones posteriores para el efecto N400, sin mostrar efecto de grupo, es decir que tanto para los niños del grupo control como para los TL, la distribución topográfica de N400 fue centroparietal y en regiones posteriores.

El resultado de no encontrar diferencias entre los controles y los TL, es similar al reportado por Sabisch et al. (2006), que tampoco encontraron diferencias significativas

para N400 entre niños con dislexia del desarrollo y controles en la comprensión auditiva de oraciones. Esto sugiere que el procesamiento semántico durante dicha comprensión está conservado tanto para los niños con TL, como para los que presentan dislexia del desarrollo. En relación con esto, Bonte y Blomert (2004) no encontraron diferencias entre niños disléxicos y lectores normales en el componente N400 en un paradigma de decisión léxica, aunque sí señalaron diferencias en los componentes tempranos de los PRE. Rodríguez et al. (2006) realizaron un estudio donde compararon niños normales con Lectores deficientes (LD) en un paradigma de lectura de oraciones concluyendo que los lectores deficientes no mostraron efecto N400. Entonces, puede concluirse que los *lectores deficientes tienen problemas con el proceso de integración del léxico (reflejado en la N400) cuando realizan la lectura de oraciones, más no cuando las comprenden auditivamente.*

Es importante señalar que los estudios revisados con tareas auditivas en niños control y niños disléxicos, concuerdan al afirmar que el comportamiento del componente N400 presenta similitudes entre ambos grupos de niños. Este estudio muestra que los niños con TL y control también presentan un patrón similar, aunque por otra parte, presentan perfiles psicológicos y neuropsicológicos distintos.

PMN

En relación al componente PMN, uno de los objetivos del presente trabajo fue explorar la respuesta de los PRE a las expectancias fonológicas generadas por el contexto semántico de oraciones en los niños. De acuerdo al estudio de Connolly y Phillips (1994) en adultos, las oraciones tipo 3 (fonológicamente inesperadas-semánticamente congruentes) y tipo 4 (fonológicamente inesperadas-semánticamente incongruentes) generan un componente PMN de disparidad fonológica, que se explica porque las palabras que cierran la oración no son las esperadas de acuerdo al contexto semántico, de modo que desde que son analizadas fonológicamente, se reconocen como inesperadas. Para estos autores este componente se presenta en los adultos, en una latencia de 240 ms.

No todos los autores que han realizado estudios con adultos describen las mismas características para la PMN que Connolly y Phillips (1994). Para Brown y Hagoort (2000), éste componente al que ellos llamaron N2 y no PMN refleja un proceso de

interfase entre la forma lexical y el significado contextual. Afirmaron que éste N2 o N200 no siempre refleja una violación a las expectativas fonológicas, sino solamente un procesamiento léxico-fonológico.

Van Den Brink, Brown y Hagoort (2001) en su estudio sugieren que N200 (N2) refleja procesos que ocurren en la interfase de la forma lexical y el significado contextual, en la cual los candidatos lexicales que son activados por su forma (por compartir los mismos fonemas iniciales) se evalúan por las especificaciones contextuales de la oración. Concluyen que N200 no tiene las características de PMN, porque se generó en todas las condiciones experimentales, independientemente de si los fonemas iniciales manejaban expectativas o no. También afirmaron que N200 es un componente independiente de N400, y refleja un proceso de reconocimiento de las palabras que precede a la integración del léxico.

Los estudios de comprensión de oraciones auditivas llevados a cabo en niños no han hecho énfasis en este componente, ni mencionan una negatividad previa a N400 que se presenta en los adultos alrededor de los 200 ms (ver Atchley (2006); Holcomb et al. (1992); Sabish et al. (2006)). Bonte y Blomert (2004) en su estudio en niños y adultos encontraron un componente temprano llamado N2. Para estos autores el componente muestra cambios con la edad, ellos mencionan que ha sido llamado por otros autores como PMN, sin embargo, dadas las características de su experimento, dicho componente tampoco se comportó de acuerdo a lo descrito por Connolly y Phillips (1994).

En otro estudio, estos autores compararon niños lectores normales con niños disléxicos en una tarea de decisión léxica. Mostraron que los disléxicos tienen componentes tempranos N1 y N2 en el procesamiento auditivo, los cuales muestran anomalías en los niveles fonético- fonológico, en especial una contribución anormal de la información fonológica del inicio de la palabra para el procesamiento de las palabras habladas, lo que podría reflejar deficiencias en el procesamiento sensorial auditivo, hasta que se establecen las redes corticales eficientes. Estos resultados sugieren que los niños con dislexia tienen anomalías selectivas en el nivel temprano fonético- fonológico mientras que el procesamiento más tardío reflejado en el componente semántico N400, no muestra diferencias con los lectores normales (Bonte y Blomert, 2004). Estos autores mencionan que el componente N2 (o PMN) en niños refleja un proceso prelexical.

En los PRE de los niños de este estudio, se identificó de forma clara el componente N400, pero no así la PMN que solo se observó como una deflexión negativa con latencia hacia los 370 ms con una morfología no definida, que además no se comportó como lo describieron Connolly y Phillips (1994), es decir, que en los dos grupos de niños, no aumentó su amplitud en las oraciones con palabras fonológicamente inesperadas (oraciones tipo 3 y 4). Respecto a las diferencias del componente PMN (N200 ó N2) entre niños del grupo control y niños con TL, podemos decir que en la muestra estudiada, no encontramos diferencias. Esto puede interpretarse como que los niños estudiados tienen un procesamiento léxico-fonológico similar. Otra posibilidad es que dadas las condiciones de nuestro experimento, el componente PMN o N2 obtenido en los niños no fue definido claramente, por lo que no es posible discutir más. Es decir, deberíamos tener más seguridad de que PMN se presenta categóricamente en los niños antes de elaborar alguna conclusión fundamentada.

Autores como Sabisch et al. (2006) y Atchley et al. (2006) que utilizaron oraciones auditivas en sus experimentos con niños, tampoco describen una negatividad con las características que Connolly y Phillips (1994) describieron en su experimento, y en los registros de PRE reportados en sus artículos, muestran una pequeña deflexión negativa que forma parte de la curva descendente de N400 y que aparentemente es similar para las oraciones incongruentes respecto de las congruentes. Algo similar a lo encontrado en este experimento.

En relación con que el componente PMN no fue encontrado, es que es un componente temprano pequeño y no todos los autores lo han buscado de manera específica. Este estudio no mostró claramente evidencias de la presencia del componente PMN.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo en relación con los componentes N400 y PMN concuerdan con los hallazgos de otros autores y aun cuando el comportamiento de la PMN presentó poca definición debido quizá al tamaño de la muestra, se considera que estos resultados sientan un precedente en la investigación electrofisiológica del procesamiento de oraciones auditivas en niños hispanohablantes. Los resultados del estudio simultáneo del procesamiento fonológico y semántico durante el procesamiento auditivo de oraciones muestran por un lado, que la comprensión auditiva es similar en niños controles y niños con trastorno de lectura, y

por otro, que en los niños es necesario estudiar más ampliamente las sutiles relaciones que existen entre la comprensión auditiva del lenguaje y el aprendizaje de la lectura.

REFERENCIAS

- Alva, C. E. A. Pérez, G. B. Monzón, P. N. C. Álvarez M. A. Y. Mejía S. I. Hernández, P. E., Carrión, Valderas. R. (2001). *Cómo usan los niños las palabras*. UNAM. México.
- Anderson, D. Brown, C. Tallal, P. (1993). Developmental language disorders: evidence for a basic processing deficit. *Current Opinion in Neurology and Neurosurgery*, 6, 98-106.
- Asociación Psiquiátrica Americana (APA). (2000). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-IV- TR): Tratado Revisado* Barcelona: Masson.
- Ardila, A. y Roselli, M. (1997). *Neuropsicología Infantil*: Prensa Creativa. Medellín.
- Arnedo, Ma. Luisa (2001). *Neuropsicología Evolutiva de los trastornos del Lenguaje*. En: *Trastornos específicos del lenguaje*. E. Mendoza L. Coordinadora. Ed. Pirámide, Madrid.
- Atchley, R.A., Rice, M.L., Betz, S.K., Kwasny, K.M., Sereno, J.A., and Jongman, A. (2006). A comparison of semantic and syntactic event related potentials generated by children and adults. *Brain and Language*. 99: 236- 246.
- Ávila, Raúl. (1989). *Diccionario del léxico infantil de México*. En *Revista Científico Metodológica* No. 21. El Colegio de México.
- Badian, N.A. (1996). Dyslexia: a validation of concept at two age levels. *Journal of Learning Disabilities*, 29:102-112
- Belinchón, M., Igoa, J., Riviére, A. (1994). *Psicología del Lenguaje, investigación y teoría*. Editorial Trotta, Madrid. 339-345
- Beitchman, J. & Young, A. (1997). Learning Disorders with special emphasis on reading disorders: A Review of the past 10 years. *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36:1020-1032.
- Berko, G. Jean, Bernstein, N. R. (1999). *Psicolingüística*. Ed. Interamericana, Madrid.
- Bonte, M.L. & Blomert, L. (2004). Developmental dyslexia: ERP correlates of anomalous phonological processing during spoken word recognition. *Cognitive Brain Research*, 21,360-376.
- Bonte, M.L. & Blomert, L. (2004). Developmental changes in ERP correlates of spoken word recognition during early school years: a phonological priming study. *Clinical Neurophysiology*, 115, 409-423.
- Byrne, B. (1981). Deficient syntactic control in poor readers: Is a weak phonetic memory code responsible? *Applied Psycholinguistics*, 2: 201-212.

- Blumstein, S. E., and Stevens, K.N. (1979). Acoustic invariance in speech production: Evidence from measurements of the spectral characteristic of stop consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 1001-1017.
- Blumstein, S.E., and Stevens, K.N. (1980). Perceptual invariance and onset spectra for stop consonants in different vowel environments. *Journal of Acoustical Society of America*, 67, 648-662.
- Brown, C., Hagoort P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (1), 34-44.
- Brown, C., Hagoort P. (1999). On the electrophysiology of language comprehension: Implications for the human language system. In: Crocker, M. Pickering, M. And Clifton, C. (eds). *Architectures and Mechanisms for language processing*. Cambridge: Cambridge University Press, pp213- 237.
- Brown, C., Hagoort, P. and Kutas M. (2000). Postlexical Integration Processes in language Comprehension: Evidence from Brain-Imaging Research. In Gazzaniga, M. *The New Cognitive Neurosciences*. Ed. Cambridge. MIT Press.
- Bryant, P. (2002). It doesn't matter whether onset and rime predicts reading better than phonemes awareness does or viceversa. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 41-46.
- Canseco-Gonzalez, E. (2000). Using the recording of Event- Related Brain Potentials in the Study of Sentence Processing. In: Grodzinsky, Y., Shapiro, L & Swinney, D (Eds). *Language and Brain: Representation and processing*. New York, Academic Press.
- Connolly, J. F., Phillips, N.A., Steward, S. H. and Brake, W.G. (1992). Event related potential sensitivity to acoustic and semantic properties of terminal words in sentences. *Brain and Language*, 43,1-18.
- Connolly, J.F. and Phillips, N.A. (1994). Event related Potential Component Reflect Phonological and semantic processing of the terminal Word of Spoken sentence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6 (3): 256-266.
- Connolly, J.F. (1995). The effects of Phonological and semantic features of sentence-ending word on visual even-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 94, 276-287.
- Cuetos, V. (1990). *Psicología de la lectura, diagnóstico y tratamiento*. Madrid. Escuela Española.

- Chwilla, D. J., Brown, C.M. and Hagoort, P. (1995). The N400 as function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274-285.
- Damasio, A. R., Damasio, H. (1992). Brain and Language. *Scientific American*. September pag.89-95.
- Ellis A. y Young, A. (1992). *Neuropsicología Cognitiva Humana*. Masson España Pp. 223-229.
- Elman, J. L. and McClelland, J.L. (1988). Cognitive penetration of the mechanisms of perception: Compensation for coarticulation of lexical restored phonemes. *Journal of Memory and Language*, 27, 143-165.
- Fletcher, T. y Kaufman, C. (1995). A mexican perspective on learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*. 29 (9), pp. 530-534.
- Friederici, A. D. (2002). Toward a neural basis of auditory sentences processing. *Trend in cognitive Sciences*. 6(2) 78-84.
- Friederici, A. Mecklinger, A. Spencer, K. Steinhauer, K. Y Donchin, E. (2001). Syntactic parsing preferences and their on-line revisions: a spatio-temporal analysis of event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 11:305-323.
- Fodor, J. (1983). *Modularity of Mind*. Cambridge. Massachusetts Institute of Technology Press.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia. *Brain*, 123(12): 2373-2399.
- Hagoort, P.(1993). The Syntactic positive Shift (SPS) as an ERP measure of Syntactic processing. *Language and cognitive processes*, 8 (4) 439-483.
- Hagoort, P., Brown, C. M. (2000). ERP effects of listening to Speech: semantic ERP effects. *Neuropsychologia*. 38: 1518-1530.
- Harmony, T., Marosi, E., Becker, J., Rodríguez, M., Reyes, A., Fernández, T., Silva, J., Bernal, J., (1995). Longitudinal quantitative EEG study of children with different performances on a reading-writing test. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 95:426-433.
- Hahne, A. and Friederici, A. D.(1999). Rule application during language comprehension in the adult and the child. In A.D. Friederici y R. Mensen (Eds), *Learning rules extraction and representation* pp 71-88, Berlin: Walter de Gruyter.
- Hahne, A., Eckstein, K., & Friederici, A. D. (2004). Brain signatures of syntactic and semantic processes during children's language development. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1302-1318.

- Hillyard, S. and Picton, T. (1987). Electrophysiology of cognition. In Plum, F. (Ed.), Handbook of Physiology. Section I: Neurophysiology. New York: American Physiological Society. pp 516-572.
- Holcomb, P., Brown, C., and Groothusen, J. (1993). Semantic priming and stimulus degradation: Implications for the role of N400 in language processing.
- Holcomb, P., Coffey, S. and Neville, H. (1992). Visual and auditory sentence processing. A developmental analysis using event-related brain potentials. *Developmental Neuropsychology*, 8, 203-241.
- Holcomb, P.J. (1988). Automatic and attentional processing. An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, 35, 66-85.
- Holcomb, P. J., and Neville, H. J. (1991). Natural sentences processing: An analysis using event related potentials. *Psychobiology*, 19, 286-300.
- Hurford, D. P., Johnston, M., Nepote, P., Hampton, S., Moore, S., Neal, J., Müller, A., McGeorge, K., Huff, L., Awad, A., Tatro, C., Juliano, Ch. and Huffman, D. (1994). Early identification and remediation of phonological-processing deficits in first-grade children at risk for reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 647 – 659.
- Juottonen, K., Revonsuo, A. and Lang, H. (1996). Dissimilar age influences on two ERP waveforms (LPC and N400) reflecting semantic context effect. *Cognitive Brain Research*, 4, 99-107.
- Kandel, E. R., Schwartz J.H., Jessell, T.M. (2001). *Principios de Neurociencias*. Ed. Interamericana. Madrid.
- Kutas, M. and Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M. and Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature* 307, 161 –163. 1984.
- Kutas, M. and King, J. (1995). The potentials for basic sentence processing: Differentiating integrative processes. In *Attention and Performance XVI: Information, Integration in Perception and Communication*. T. Inui and J. McClelland, (eds.). Cambridge, Mass: MIT Press. 83-144.
- Kutas, M., and Van Petten, C. (1988). Event-related brain potentials studies of language. In P. Aclis, J. Jennings and M. Coles (eds.), *Advances in Psychophysiology*, pp. 131 – 167, Greenwich: JAI.

- Kutas, M., Van Petten, C., & Kluender, R. (2006). Psycholinguistics electrified II: 1994-2005. In M. Traxler & M.A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics*, 2nd Edition (pp 659-724). New York: Elsevier
- Lara, L. F. (2002). *Diccionario del español Usual en México*. El Colegio de México. México.
- Lieberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D.P., & Studdert- Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.
- Lonigan, A. Christopher J. (2004). The Nature of Phonological Awareness: Converging Evidence From Four Studies of Preschool and Early Grade School Children. *Journal of Education Psychology*. 96: 1, 43-55.
- Mann, V. (1998). *Language Problems: A key to early reading problems in Learning about learning Disabilities*. academic Press. USA.
- McCallum WC. Farmer SF., Pocock PV. (1984). The effect of physical semantic incongruities on auditory: event related potentials Electroencephalography. *Clinica INeurophysiology*. 59. 477-488
- Marslen-Wilson, W.D., & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
- Marslen-Wilson, W.D.(1987). Functional parallelism in spoken word recognition. *Cognition*, 25, 71-102.
- Massaro, D.W. (1987). *Speech perception by ear and eye: A paradigm for psychological inquiry*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Massaro, D.W. (1989). Testing between the TRACE model and the fuzzy logical model of speech perception. *Cognitive Psychology*, 21, 398-421.
- Mody, M. (2003). Phonological basis in reading disability: A review and analysis of evidence. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal* 16:123-151.
- Moats, L. Y Lyon, R. (1993). Learning Disabilities in the United Status: advocacy, science and the future of the field. *Journal of Learning Disabilities* 26.282-294
- Morton J.,(1989). An information –processing account of to reading acquisition. En Galaburda A. (ed) *From Reading to Neurons*. The MIT Press.
- Neville, H.J., Coffey, S.A., Holcomb, P.J. and Tallal, P. (1993). The Neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience* 5, 235 – 253.
- Osterhout, T. L. Y Holcomb P.J. (1992). Event- related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*. 31, 785-806.

- Perfetti, C. (1985). Reading Ability. New York. Oxford University Press.
- Petersen, S.E., Fox, P.T., Posner, M.I., Mintun, M. and Raichle, M. E. (1989). Positron emission tomographic studies of processing of single words. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1:153-170.
- Rayner, K. Pollatsek, A. (1989). *The Psychology of reading*. New Jersey: Prentice Hall.
- Rodríguez, M., Prieto, B., Bernal, J., Marosi, E. Yañez, G., Harmony, T., Silva-Pereyra, J., Hernández, T., Fernández Bouzas, A., Rodríguez, H., Luviano, L., Guerrero, V. (2006). Language Event-Related potentials in Poor Readers. In Randall V. Soren.(Ed.) *Learning Disabilities. New Research*. Nova Science Publishers Inc. New York. pp 187-218.
- Rodríguez, M., Prieto, B., Bravo, M., Marosi, E., Bernal, J., Yañez., G. (2007). Normas de terminación para 278 contextos de oraciones en español para niños mexicanos. En prensa.
- Rodríguez-Camacho, M., Prieto, B. y Bernal, J. (en prensa). Potenciales relacionados con eventos (PRE): Aspectos básicos y conceptuales. En *Métodos en las Neurociencias Cognoscitivas*. J. Silva-Pereyra (editor). Editorial Pax México.
- Sabisch, B. Hahue, A. Glass, E. Suchodoletz, W. V. and Friederici A.D. (2006). Auditory language comprehension in children with developmental dyslexia: evidence from Event-related Brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience* 18:10 1676-1695.
- Shankweiler, D. Crain, S. Katz, L., Fowler, A.E. Liberman, A. M., Brady, S.A. Thornton, R., Leundquist, E., Dreyer, L., (1995). Comparison of language skill in phonology, morphology and syntax. *Psychological Review*.
- Shankweiler D. y Fowler A. (2004). Question people ask about the role of phonological processes in learning to read. *Writing: An interdisciplinary Journal* 17:483-515.
- Silva, P. J., Harmony, T., Bernal J. Fernández, T., Rodríguez, M. Reyes, A., et al. (1995). Comparación entre las habilidades de dos grupos con diferente desempeño académico. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje* 3:65-81.
- Stanovich, K. (1984). The interactive –compensatory model of reading: A Confluence of Developmental, Experimental, and Educational Psychology. *Remedial and Special education* 11-19.

- Stanovich, K. (1991). Discrepancy definitions of reading disability: has intelligence led us astray. *Reading Research Quarterly* 26, 7-29.
- Stanovich, K. (1986). Matthew effects in reading: some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*. 21, 360-407.
- Stanovich, K.E.(1988). Explaining the differences between the dyslexic and the garden variety poor readers. The Phonological- core variable- difference model. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 590-604.
- Schwantes F. M. (1985). Expectancy integration and interactional processes: Age differences in nature of word affected by sentences context. *Journal of Experimental Child Psychology*, 39.212-229.
- Swanson H. Alexander J. E. (1997). Cognitive Processes as Predictors of word recognition and Reading Comprehension in learning Disabled and Skilled Readers: Revisiting the Specificity Hypothesis. *Journal of Educational Psychology* 41997, 89: 1, 128-158.
- Swanson, H. and Sachse, L. (2001). A subgroup analysis of working memory in children with reading disabilities: domain general or domain specific deficiency? *Journal of Learning Disabilities*, 34, 249-263.
- Tallal, P., Miller, S. Y Fitch ,R. H. (1993). Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. En: P. Tallal, A. Galaburda, R. Llinás, C. von Euler (eds.). *Temporal Information Processing in the Nervous System: Special Reference to Dyslexia and Dysphasia*. *Annals New York Academic of Sciences*, 682 27-49.
- Torgesen, J. K. Wagner, R. K. y Rashotte, C. A. (1994). Longitudinal studies of phonological processing and reading. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 276-286.
- Valle Arroyo F. (1992). *Psicolingüística*. Ed. Morata. S. A. Madrid.
- Vega de M. (1990). *Lectura y Comprensión. Una perspectiva Cognitiva*. Ed. Alianza, S. A. Madrid.
- Van Den Brink, D., Brown, C. M. and Hagoort, P. (2001). Electrophysiological evidence for early contextual influences during spoken- word recognition N200 versus N400 effects. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13:7 pp 967-985.

- Van Petten, C. Coulson, S. Rubin, S. Plante, E. y Parks, M. (1999). Time course of word identification and semantic integration in spoken language. *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*. 25, 394-417.
- Vellutino, F. Scanlon, D. y Spearing, D. (1995). Semantic and phonological coding in poor and normal readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 76 – 123.
- Wagner, R. K. y Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101, 192-212.
- Woodward SH., Ford JM. Hammertt SC.(1993). N4 spoken sentences in young older subjects *Electroencephalography Clinical Neurophysiology*. 87, 306-20.
- Yáñez, T. M. G. (2000). Bateria Neuropsicológica para la evaluación de niños con trastornos del aprendizaje: estandarización con niños de la zona metropolitana de la ciudad de México. Tesis de Doctorado en Psicología. UNAM 2000.
- Yañez, T. Bernal, J. Harmony, T. Marosi, E. y Rodríguez, M. (2002). Bateria Neuropsicológica para la evaluación de niños con trastornos del aprendizaje de la lectura (BNTAL): Obtención de normas. *Revista de pensamiento y lenguaje*, 10:2, 249-269.

ANEXOS

Anexo 1

Descripción de las subpruebas de la BNTAL.

SUBPRUEBA
Procesamiento Fonológico
Discriminación fonológica (A)
segmentación (A)
Categorización fonémica (A)
Síntesis de fonemas (A)
Análisis de palabras (A)
Denominación serial rápida dígitos (T)
Denominación serial Rápida Letras (T)
Denominación serial rápida colores (T)
Denominación serial rápida figuras (T)
Denominación serial rápida (E)
Repetición
Repetición de palabras (A)
Denominación y Vocabulario
Test de denominación de boston (A)
Test de vocabulario de peabody (A)
Comprensión
Comprensión oral
Comprensión de ordenes en forma oral (A)
Lectura
Palabras frecuentes (T)
Palabras infrecuentes (T)
Pseudopalabras (T)
Pseudopalabras homófonas (T)
Total de palabras (A)
Comprensión de ordenes escritas (A)
Comprensión de un texto (A)
Decisión léxica(T)

Decisión léxica errores (E)
Gramática
Inconcordancias gramaticales (A)
Construir enunciados (A)
Escritura
Dictado de palabras frecuentes (T)
Dictado de palabras infrecuentes (T)
Dictado pseudopalabras
Dictado total de palabras (A)
Dictado de un párrafo (A)

Anexo 2

Anova Mixto de amplitudes de los PRE divididas en ventanas de 50 ms.

Línea Media	INTERACCIONES SIGNIFICATIVAS
Ventana 200-250	Con x gpo $F(2.0,5.4)=2.68p<.077$
Ventana 250-300	Ninguno significativo
Ventana 300-350	Con x gpo $F(2.0,54)=4.15 p<.021$
Ventana 350-400	Con x elect $F(2.8,2.8)=2.87 p<.045$
Ventana 400-450	Con x gpo x elect $F(3.3,91.2)=2.72 p<.043$
Ventana 450-500	Con x elect $F(2.8, 2.8)=4.49 p<.007$
Ventana 500-550	Con x elect $F(3.3, 3.3)=2.88 p<.035$
Ventana 550-600	Con x elect $F(3.6, 3.6)=3.27 p<.018$
Ventana 600-650	Con x elect $F(3.6, 3.6)=3.29 p<.017$
Línea Lateral	
Ventana 200-250	Con x gpo $F(2.0, 54)=2.46 p<.094$ Con x hem $F(2.0, 2.0)=2.55 p<.087$
Ventana 250-300	Hem x gpo $F(1.0,27)=4.53 p<.092$ Con x elect x hem $F(11,11)=1.69 p<.072$
Ventana 300-350	Con x hem $F(2.0,2.0)=4.53 p<.015$ Elect x hem $F(5.0, 5.0)=2.54 p<.031$
Ventana 350-400	Hem x gpo $F(1.0, 2.7)=3.20 p<.085$ Edo x elect $F(5.8, 5.8)=4.39 p<.000$ Con x hemf $F(2.0, 2.0)=3.46 p<.038$ Elect x hemf $F(4.8, 4.8)=2.30 p<.050$
Ventana 400-450	Hemf x gpo $F(1.0, 2.7)=3.00 p<.094$ Con x elect $F(5.6, 5.6)=2.16 p<.053$ Con x hemf $F(2.0, 2.0)=4.01 p<.024$ Elect x hem $F(5.0, 5.0)=1.89 p<.099$
Ventana 450-500	Con x elect $F(5.1, 5.1)=5.95 p<.000$
Ventana 500-550	Con x elect $F(4.4, 4.4)=3.63 p<.006$
Ventana 550-600	Con x elect $F(5.0,5.0)=4.86 p<.000$
Ventana 600-650	Con x elect $F(5.5, 5.5)=3.22 p<.006$ Con x hemf $F(2.0, 2.0)=2.85 p<.066$