

03046



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA

Capacidad de la memoria de trabajo en el  
procesamiento semántico y sintáctico en  
niños con deficiencias en la lectura.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A:

Gloria Nélida Avecilla Ramírez

TUTORA: Dra. Thalía Harmony Baillet.

CO-TUTOR: Dr. Juan Felipe Silva Pereyra.

Juriquilla, Qro. 2003.

M. 323861

2003  
AVECILLA RAMIREZ GLORIA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA

EMIS  
MISOSI  
SASIMASI  
P11193NA

## AGRADECIMIENTOS

### *Personales*

A mis padres, Gloria Ramírez y Victor Avecilla. Por apoyarme en esto a pesar de que implicara que siguiera lejos. Por quererme, por emocionarse por mí y porque no me piden que siente cabeza y tenga hijos. Mejor no le sigo porque me van a querer cobrar.

A mis hermanos Augusto, Addi y Andrea, que aunque están un poco mal de la cabeza, de todas maneras los quiero. Gracias por todo.

A mis abuelos, Anastasio, Gudelia y María Luisa.

A mis tíos, primos y sobrinos (están locos si creían que los iba a mencionar a todos).

A Erik, que me aguanta mis histerias y nunca se cansa de hablar conmigo, que cocina para mí y que siempre hace que me sienta bien.

A Lorena, desde la dimensión desconocida.

A Charlotte, Sofía y Juan Carlos, por la amistad y por mantenerme saludable.

A Leti por mantener estables mis niveles de chacoteo.

A Berta por la constante compañía y la intermitente complicidad.

A Laura, Rosina, David, Luis Miguel, Felipe y Roberto, por horas interminables de sana diversión (ja, ja).

A Itzi desde otro país y otra generación.

A Christian y a Geovanni por darle emoción a mi vida.

A Haydeé, Alejandra (Coneja) y Gustavo, por la armoniosa convivencia vecinal.

A mis amigos y compañeros del Instituto, Edith, Cecilia, Lupe, Geli, Luis, Luci, Dinora, Estuardo, Héctor, Salvador, Liliana, Itzel y Erika, por hacerme placentera la estancia.

A Orizel, Magali, Antonieta, Max y Brenda, amigos de la Facultad de los que aprendí tanto.

A Lorena Medina, Mirsha, Chema, Alex Mosiño, Marisol, Rosa María, Claudia Pradillo y a los demás compatriotas a los que ya perdí de vista pero que siguen haciendo apariciones cameo.

A Francisco que sigue presente.

A los que ya no siguen presentes pero que tanto les debo.

Al Dr. Manuel Guzmán, que siempre quiso que escribiera una tesis (aunque no precisamente ésta...).

A Héctor-Belmont porque sus chistes son los mejores (estoy siendo sarcástica).

A Chava porque sus carcajadas son las mejores (ya no estoy siendo sarcástica).

A todos los miembros del laboratorio, la doctora Thalía, el doctor Bouzas, Thalita, Efraín, Eneida, Rosi, Jud, Isabel, Fabi, Ivonne, Christie, Jesús y a la querida Liliana. El laboratorio no sería igual (de ruidoso) sin ustedes.

Muy especialmente quiero agradecer a todos los niños que participaron amablemente en este trabajo, y a sus padres por su cooperación: Andrea, Diana, Esther, Valeria, Paty, Estefanía, Fausto, Federico, Alberto, Luis Gabriel, Abigail, Ana Karen, Lucía, Nicté-Ha, Fernanda, Karen, Erik, Diego, Rubén, y Juan Pablo. Gracias, niños, son un encanto. Gracias también a todos los demás que empezaron en el proyecto y no pudieron terminar.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Silva, por iniciar este proyecto, por iniciarme en las neurociencias, por la confianza y por los acalorados debates cibernéticos.

A la Dra. Thalía Harmony, por aceptarme en el laboratorio, por paciencia y su sabiduría, y por todas las oportunidades que me ha brindado.

A los miembros de mi comité tutorial, Dr. Roberto Prado y Dr. Raúl Paredes, por sus siempre acertados comentarios y contribuciones y por no dormirse en mis tutorales.

A mis sinodales, Dra. María Corsi, Dr. Manuel Salas, Dr. Mario Rodríguez y Dr. Roberto Prado, por las correcciones y comentarios realizados a esta tesis.

A las Dras. Thalía Fernández, Lídice Galán y Lourdes Díaz Comas por la asesoría brindada para la realización de este trabajo.

Al Ing. Héctor Belmont Tamayo y a Rosa María Hernández por el apoyo técnico brindado.

A Leonor Casanova Rico, Isabel Bolaños y Pilar Galarza, así como al resto del equipo de Enseñanza y de Bibliotecas, por todo el apoyo técnico y logístico en el curso de mis estudios de maestría.

A mis profesores del Instituto de Neurobiología.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: GLORIA NELIDA

AVICILIA RAMIREZ

FECHA: 16/OCTUBRE/2003

FIRMA: RA. [Firma]

**Doy constancia del apoyo otorgado por CONACYT No. De contrato 162651 y de DGEP-UNAM durante la realización de esta tesis y mis estudios de maestría.**

## RESUMEN

Los estudios neuropsicológicos de niños con deficiencias en la lectura han mostrado que la mayoría de ellos tienen deficiencias en la memoria de trabajo. El propósito de este estudio es investigar los efectos de una sobrecarga en la memoria de trabajo sobre los Potenciales Relacionados con Eventos registrados en niños lectores deficientes así como en niños normales. El estudio se enfocó en los componentes LAN, N400 y P600, que se registran durante la lectura de oraciones. N400 se relaciona con procesamiento semántico y P600 con procesamiento sintáctico. Se obtuvieron los PREs de 20 niños diestros, de edades entre 8 y 11 años (10 controles, 10 lectores deficientes). Los participantes leyeron oraciones que podían ser correctas, semánticamente incorrectas o sintácticamente incorrectas. En la Tarea JSS, los niños juzgaron la corrección de estas oraciones (Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico). En la Tarea SMT, los niños hicieron la Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico, a la que se le añadió una Sobrecarga en la Memoria de Trabajo. No se observaron efectos LAN en ninguna de las tareas. Se observó un efecto N400 en el grupo control en la tarea de JSS, pero en la tarea de SMT el efecto aumentó. En el grupo de lectores deficientes no se encontró efecto N400 en la tarea de JSS, pero sí se encontró en la tarea de SMT, aunque menor y más tardío que en los controles. Estos resultados se explican en base a que las características de la prueba requerían mayor atención a las palabras con violación semántica que a las demás en la prueba de sobrecarga de memoria. La atención amplió el efecto N400 en dicha tarea. Se observó un efecto P600 en el grupo control en la tarea de JSS, pero disminuyó en la tarea de SMT. En el grupo de lectores deficientes, en la tarea de JSS, el efecto P600 fue menor y más tardío que en el grupo control, y en la tarea de SMT no se observaron efectos. Se observó también un componente N400 asociado a los sustantivos en medio de las oraciones que no fue afectado por la atención. Este componente presentó la misma tendencia que el componente P600. Estos resultados indican que los procesos semánticos y de reinterpretación sintáctica durante la lectura de oraciones requieren el uso del sistema de memoria de trabajo. En los lectores deficientes hay fallas en el uso de dicho sistema, por lo que una sobrecarga en éste es capaz de interferir y hasta bloquear los procesamientos semántico y de reinterpretación sintáctica en la lectura.

## SUMMARY

Neuropsychological studies of reading-disabled children have shown that the majority of these subjects have deficiencies in the working memory processing. The aim of this study was to investigate the effects of working memory load on the event-related potentials (ERP) recorded in reading disabled children as well as in normal children. The study was focused in the LAN, N400 and P600 ERP components that are recorded during sentence reading. The N400 has been related to the semantic processing and the P600 with syntactic processing. ERPs were obtained from 20 right-handed children aged between 8 and 11 years (10 controls, 10 reading-disabled). The participants read sentences that could be correct, semantically incorrect or syntactically incorrect. Subjects performed two tasks: A Syntactic-semantic Judgment Task (SSJ) and a Judgment + working memory task (JWM). In the first task, children had to judge the well-formedness of the sentences that they read. In the JWM task, children do the judgment of correctness and had to remember the last word of every 2 or 3 sentences. There were no LAN effects in any task. An N400 effect was observed in the control group during the SSJ task, but this effect increased in the JWM task. Reading-disabled children there was no N400 effect during the SSJ task, but it was found during the JWM task, although it was smaller and later than in the controls. These results could be explained according to the attentional requirements of the task due to require greater attention to the ending word that renders the sentence semantically anomalous in the JWM task. This enlarge attention increased the effect N400 in that task. There was a P600 effect in the control group in the SSJ task, but it was decreased in amplitude during the JWM task. In the reading-disabled group, the P600 effect was smaller and later than for the control group during the SSJ task, and it was not observed during the JWM task. An N400 component was observed in the middle of the sentences that was associated to the nouns and was not affected by increases of attention. This component presented the same tendency that the component P600. These results indicate that the semantic and syntactic reinterpretation processes during sentence reading require the use of the working memory system. In the reading-disabled children there are failures in the use of working memory system, then, an additional working memory load is able to block the semantic and syntactic reinterpretation processing on them.

## INDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
SUMMARY	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	7
2.1 FACTORES LINGÜÍSTICOS INVOLUCRADOS EN LOS TRASTORNOS DE LA LECTURA	7
2.2 MEMORIA DE TRABAJO	8
2.3 POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS (PREs)	11
2.4 PREs EN LECTORES DEFICIENTES	15
2.5 PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE Y PREs	17
2.5.1 PROCESAMIENTO SEMÁNTICO	18
2.5.2 PROCESAMIENTO SINTÁCTICO	20
2.5.2.1 COMPONENTES TEMPRANOS	20
2.5.2.2 COMPONENTES TARDÍOS	22
2.5.3 MODELO TEMPORAL	27
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
4. Objetivos	29
4.1 Objetivos específicos	29
5. HIPÓTESIS	30
6. METODOLOGÍA	30
6.1 SUJETOS	30
6.2 EVALUACIÓN DE LOS LECTORES DEFICIENTES	31
6.3 MATERIALES	34
6.4 PROCEDIMIENTO	35
6.5 TAREAS	35
6.6 REGISTRO DE LOS PREs	37
6.7 ANÁLISIS DE LOS DATOS	38

<b>7. RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>7.1 RESULTADOS CONDUCTUALES</b>	<b>43</b>
<b>7.2 RESULTADOS ELECTROFISIOLÓGICOS</b>	<b>46</b>
<b>7.2.1 VIOLACIÓN SINTÁCTICA</b>	<b>46</b>
<b>7.2.2 VIOLACIÓN SEMÁNTICA</b>	<b>48</b>
<b>7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>50</b>
<b>7.3.1 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES N400 Y P600</b>	<b>50</b>
<b>7.3.2 ANÁLISIS DEL COMPONENTE N400 OBSERVADO EN</b>	<b>54</b>
<b>LAS ORACIONES CONTROL (CONDICIÓN VIOLACIÓN</b>	
<b>SINTÁCTICA)</b>	
<b>8. DISCUSIÓN</b>	<b>57</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>10. REFERENCIAS</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO 1. GLOSARIO</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO 2. TABLAS</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La lectura es una adquisición relativamente reciente de nuestra especie. Es una habilidad cognitiva muy compleja que se basa en procesos previos tales como el lenguaje hablado. Aprender a leer implica manejar el lenguaje oral en una nueva representación, la representación gráfica, de modo que la lectura es una habilidad un tanto “artificial”. La lectura puede ser descrita como una tarea de procesamiento de información que requiere ciertas habilidades para ser llevada a cabo con éxito, y debe ser aprendida a nivel consciente, a diferencia del habla, que se adquiere sin que el sujeto se de cuenta de ello. La lectura, por tanto, implica mayores habilidades para dominarla correctamente (Shaywitz, 1996).

La secuencia de eventos necesaria para llevar a cabo la lectura empieza desde la percepción visual de las letras, continúa con el reconocimiento de las palabras, y con la posterior integración de las palabras en oraciones e ideas. Esto requiere que las palabras leídas sean recordadas y por tanto almacenadas en una especie de sistema de memoria temporal. Finalmente, la lectura termina con la construcción de un modelo mental de las ideas existentes en el texto que corresponden con su comprensión. Por tanto, los psicólogos que hacen investigación sobre el proceso de la lectura generalmente deciden hacer pruebas basándose en uno solo de los niveles antes mencionados, por ejemplo, el reconocimiento de palabras o la percepción de letras, para estudiar cada evento por separado. Una gran cantidad de trabajos versan sobre el reconocimiento de palabras, a pesar de que éste es sólo una parte de los procesos que son necesarios para la lectura. Una tarea muy utilizada para estudiar este proceso es la tarea de decisión léxica, en la cual se le presentan a los sujetos una serie de letras, algunas de ellas conforman palabras ordinarias y otras conforman conjuntos de letras pronunciables que parecen palabras pero que no tienen significado alguno; el sujeto debe decidir cuáles son palabras y cuáles no. La realización de esta tarea implica que el sujeto revise la existencia de esa palabra en su *lexicón interno*. El lexicón es una especie de diccionario en el cual el sujeto almacena todas las palabras que conoce. Dado que nosotros aprendemos nuestra lengua materna escuchando y hablando, es

razonable pensar que almacenamos las palabras y las reconocemos basándonos en su forma sonora, por lo que el reconocimiento de palabras escritas implica la conversión mental de los grafemas (unidad del lenguaje escrito) en fonemas (unidad del lenguaje hablado), este procesamiento requiere de la llamada *conciencia fonológica*.

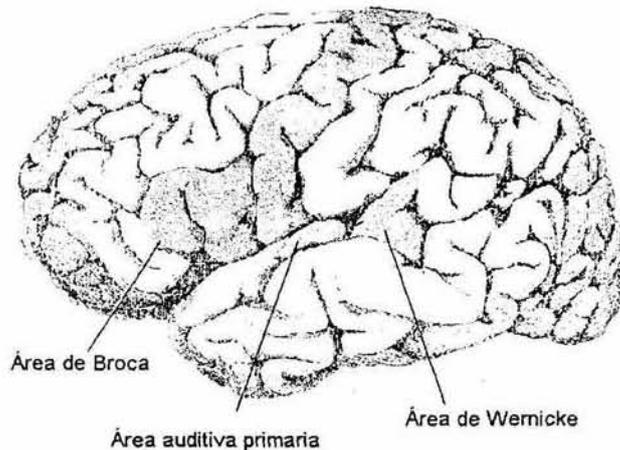
El lexicón interno es un almacén de representaciones que es esencial para la lectura. Cada palabra que leemos debe ser interpretada en función de su significado conocido. Nuestro conocimiento acerca del significado de las palabras es parte de la *memoria semántica*. La memoria semántica es un almacén de información acerca de las características y los atributos que definen conceptos.

La memoria léxica sirve para reconocer palabras mientras que la memoria semántica es necesaria para interpretar los significados que las palabras describen. El acceso a la memoria semántica implica el uso del contexto, es decir, de las otras palabras que forman parte de la oración. Para interpretar una oración es necesario, además de reconocer las palabras que la forman, analizar su estructura sintáctica, es decir, el orden que deben llevar las palabras en una oración, de acuerdo con las leyes de la gramática del lenguaje que habla el lector. Un niño que está aprendiendo a leer puede toparse con dificultades en cualquiera de los niveles antes mencionados, dando como resultado un bajo rendimiento en el desempeño del niño como lector.

La relación cerebro-lenguaje, de acuerdo con el criterio moderno, se estableció en el siglo XIX. La frenología, una disciplina que pretendía que podían relacionarse las características superficiales del cráneo de las personas con las características mentales, fue la primera en intentar buscar una localización anatómica para el lenguaje en el cerebro.

En la línea del localizacionismo estaba Paul Broca, quien en 1861 relacionó un área del lóbulo frontal izquierdo del cerebro (ahora llamada área de Broca), con la capacidad de expresión verbal. Más tarde, Wernicke descubrió una forma de trastorno del lenguaje en el que sólo se deterioraba la comprensión, pero no la expresión del lenguaje. La lesión responsable de este trastorno fue localizada en el tercio medio de la primera circunvolución temporal, zona llamada ahora "área de Wernicke". Este autor proponía un modelo

conexionista (pues no estaba de acuerdo con los postulados de los frenólogos), que proponía la existencia de dos zonas del cerebro especializadas en el lenguaje, una zona de comprensión y otra de expresión, y además una zona encargada de conectarlas. En base a este modelo se predijeron varios tipos de trastornos del lenguaje y con la información posterior aportada por los datos clínicos, se fue ampliando el modelo hasta incluir áreas específicas involucradas en la producción motora del habla, centros de la audición, áreas de formación de conceptos, zonas de comprensión y expresión y vías que conectaran estas áreas. De este modo, lesiones en las distintas áreas o en las vías que las conectan producirían diferentes tipos de afasias o trastornos del lenguaje.



**Figura. 1.** Diagrama de las localizaciones de las Áreas de Broca y de Wernicke, y del área auditiva primaria.

A pesar de las exhaustivas investigaciones realizadas al respecto, este tipo de modelos localizacionistas y conexionistas no eran capaces de explicar todas las manifestaciones clínicas de los pacientes afásicos y muchos de los hallazgos de las investigaciones eran incomprensibles. Estas dificultades pusieron en evidencia el hecho de que la aproximación clínica no era suficiente para estudiar el lenguaje, y que además, en el lenguaje no existen sólo los procesos de comprensión y expresión, sino que es un proceso más complejo compuesto de distintos niveles. Entonces se incluyó a la lingüística dentro del estudio de la relación cerebro-lenguaje y de los trastornos de lenguaje.

Antes del advenimiento de las técnicas de neuroimagen, la manera de obtener conocimientos acerca de las bases neurales de procesos como la memoria semántica eran los estudios de pacientes con daño cerebral. Estas investigaciones identificaron dos

regiones en el hemisferio izquierdo que juegan un papel crítico en la memoria semántica, como la corteza prefrontal y el lóbulo temporal izquierdo. Pacientes con daño en el lóbulo temporal izquierdo tienen problemas para nombrar objetos y dar información acerca de sus características, lo que sugiere que la información específica de objetos podría estar almacenada al menos en parte, en los lóbulos temporales (Martín y Chao, 2001).

Sin embargo, en la actualidad, técnicas de neuroimagen tales como la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), o la Resonancia Magnética Funcional (fMRI) han permitido relacionar regiones cerebrales con procesos cognitivos específicos ligados al procesamiento del lenguaje. Estos estudios se realizan con un enfoque lingüístico, de modo que se exploran los distintos niveles implicados en el lenguaje, como son la fonética, el reconocimiento de palabras, o los procesos que han sido más estudiados dentro de la lectura, con son el semántico y el sintáctico. Por ejemplo, en cuanto al procesamiento de las palabras, en estudios con fMRI, se ha encontrado que al escuchar o leer palabras y pseudopalabras hay una activación en la circunvolución frontal inferior, en la circunvolución temporal superior posterior y en el lóbulo temporal inferior, pero ante las pseudopalabras hay una mayor activación en regiones corticales posteriores que en las palabras. Esto se ha relacionado con un incremento en la demanda del sistema de acceso al léxico al leer o escuchar pseudopalabras (Newman y Twieg, 2001). El procesamiento de la información fonética ha sido relacionada con mayores activaciones de la corteza auditiva izquierda que en la derecha, mientras que para la información musical sucede al revés. Estos resultados fueron descritos por Tervaniemi y cols. (2000) en un estudio con PET.

Los procesamientos más estudiados a nivel específicamente de lectura son la semántica y la sintaxis. En uno de estos experimentos, por medio de PET se estudió el flujo sanguíneo cerebral regional de sujetos que hacían juicios de plausibilidad acerca de enunciados escritos que tenían distintos niveles de complejidad sintáctica. Durante la lectura, los sujetos debían pronunciar para sí mismos una palabra elegida para el experimento y que fue la misma para todos los sujetos. Esta manipulación se hizo con el objeto de evitar que los sujetos hicieran un repaso subvocal de las oraciones más complejas. De este modo, los resultados no se verían influidos por activaciones cerebrales debidas a dicho repaso. El

flujo sanguíneo se incrementó en el área de Broca cuando los sujetos hicieron juicios acerca de los enunciados más complejos. Los resultados de este experimento proveen fuerte evidencia de que el flujo visto en el área de Broca en asociación con el procesamiento de estructuras sintácticas complejas no se debe a un repaso subvocal sino al propio procesamiento sintáctico (Caplan y cols., 2000).

Newman y cols. (2001), en un experimento en el que algunos sujetos leían oraciones con violaciones semánticas (contienen una palabra cuyo significado no es congruente con el resto de la oración) y violaciones sintácticas (contienen un error que tiene que ver con la estructura de la oración), encontraron que las violaciones sintácticas producen una mayor activación cerebral que las violaciones semánticas primordialmente en la corteza frontal superior. Oraciones con incongruencias semánticas producen mayor activación que las violaciones sintácticas en el giro hipocampal y parahipocampal izquierdo, en el giro angular bilateralmente, en el giro temporal medial derecho, y en el surco frontal inferior izquierdo. Estos resultados demostraron que los procesamientos semánticos y sintácticos no producen patrones de activación idénticos, sino que producen distintos patrones, por ejemplo, activaciones frontales durante procesamiento sintáctico y grandes incrementos en regiones temporales y temporo-parietales durante el análisis semántico.

En la medida en que las técnicas y teorías se han vuelto más elaboradas y precisas, los procesos lingüísticos y su relación con el cerebro han revelado una mayor complejidad. La verdadera diferencia entre los conceptos clásicos acerca de la relación cerebro-lenguaje y los conceptos actuales no se refiere tanto a la precisión de los resultados que pueden obtenerse con técnicas sofisticadas, como a la forma de concebir el lenguaje, que ahora se ve como un fenómeno complejo que en modo alguno puede segmentarse simplemente en comprensión y expresión, como en la época de Broca. El interés por los estudios de lenguaje, además, no está enfocado al estudio de las afasias o de los trastornos de lenguaje graves e incapacitantes que se presentan raramente, sino que también existe el interés por estudiar entidades de menor gravedad pero que tienen una mayor incidencia y que tienen repercusiones más amplias entre la población, como es el caso de las deficiencias en la lectura.

Los niños con deficiencias en la lectura han sido poco estudiados debido a que se les ha puesto mayor atención a los niños con dislexia<sup>1</sup>, que forman una menor proporción respecto a los niños que son lectores deficientes, ya que la dislexia es un padecimiento mucho más llamativo debido a sus síntomas; además, los niños lectores deficientes son notados y atendidos en menor grado, dada la imprecisión de su diagnóstico (Bernal y cols., 2000).

Según Pérez Villar (1988) en Cuba existía un 10% de niños con trastornos del aprendizaje predominantemente de lectoescritura en una muestra de niños de 7 años. De acuerdo a Rayner y Pollatsek (1989), los sujetos disléxicos forman sólo una pequeña parte de la población (2%) comparada con los lectores deficientes, quienes representaban el 13% de los niños en edad escolar en Estados Unidos de América. Según estos autores, los lectores deficientes se encuentran entre uno y dos grados de atraso en la lectura, lo que corresponde a entre una y dos desviaciones estándar por debajo de la población normal en las pruebas de lectoescritura y presentan alteraciones cognoscitivas distintas a las de los sujetos disléxicos, quienes se encuentran a más de dos desviaciones estándar por debajo de la población en estas mismas pruebas (ambos grupos estudiados tenían puntajes de inteligencia dentro del rango normal). La dislexia no tiene que ver con el coeficiente intelectual del individuo que la padece, pues existen sujetos con inteligencia por encima del promedio que son diagnosticados como disléxicos (Shaywitz, 1996).

Este trabajo tiene como objetivo el análisis del proceso de la lectura en niños que son clasificados como lectores deficientes, pero que no padecen dislexia, tomando en cuenta los procesos sintáctico y semántico y su relación con la capacidad de la memoria de trabajo.

---

<sup>1</sup>En la actualidad, la IRA (International Reading Association) propone: "La dislexia es una forma rara pero diagnosticable de retraso primario en la lectura ligada a algún tipo de disfunción del sistema nervioso central. Este trastorno no es atribuible a ningún tipo de causa ambiental ni a otra condición discapacitante". Los niños con dislexia muestran dificultades para entender las reglas de conversión fonema-grafema-fonema.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 FACTORES LINGÜÍSTICOS INVOLUCRADOS EN LOS TRASTORNOS DE LA LECTURA**

Existen evidencias experimentales acerca de los factores involucrados en el origen de los trastornos en la lectura. Una de ellas apunta a una deficiencia en las habilidades relacionadas con el procesamiento fonológico (Beitchman y Young, 1997). Dicho procesamiento involucra el análisis de la estructura sonora del habla a partir de fonemas, y a la segmentación de palabras del lenguaje ordinario (Mody y cols., 1995). El problema de los lectores deficientes, de acuerdo con esta teoría, no estaría en sus capacidades auditivas, sino en que son menos eficientes para segmentar las palabras escritas en sus componentes fonológicos, lo que dificulta la identificación de la palabra. Mody y cols. (1995), encontraron que la falla en el procesamiento fonológico en lectores deficientes es específica del habla, no se trata de una falla auditiva más general. Si las capacidades fonológicas que se requieren para segmentar las palabras en sus fonemas constituyentes no se desarrollan normalmente, es muy probable que tengan lugar los trastornos de la lectura (Vellutino, 1979). Generalmente se considera a la dislexia como sinónimo de trastorno de la lectura, mientras que la deficiencia en la lectura se considera como un padecimiento menos grave y con distintas alteraciones cognoscitivas. Los lectores disléxicos son deficientes en el proceso articulatorio de conversión fonema-grafema-fonema, dando lugar a los síntomas característicos de equivocaciones por sustitución de letras al leer y al escribir que exhiben los sujetos disléxicos. En cambio, los lectores deficientes son capaces de segmentar las palabras en fonemas, pero son más lentos en la lectura y cometen más errores que los niños sanos. Sin embargo, en muchos trabajos realizados en niños con trastornos o deficiencias en la lectura hay confusiones en la clasificación de estos padecimientos. Hay autores que consideran a todos los problemas de la lectura como dislexia, mientras que otros autores forman grupos en los que mezclan tanto niños disléxicos como lectores deficientes. Para evitar confusiones, consideraremos a la dislexia y a la deficiencia en la lectura como dos entidades distintas, con diferente grado de gravedad y distintas alteraciones.

Otros factores importantes que inciden en las deficiencias en la lectura son las fallas en el procesamiento sintáctico, es decir, los lectores deficientes tienen problemas en tareas de ordenamiento de oraciones (Byrne, 1981). Hay hallazgos que sugieren la existencia de fallas en el procesamiento semántico, evidenciadas en tareas de nominación de objetos o identificación de pseudopalabras, lo que implica la utilización de la memoria semántica (Vellutino y cols., 1988). Las tareas semánticas y sintácticas requieren de la utilización de la memoria de trabajo, sobre todo en el caso del procesamiento sintáctico, el cual necesita mantener en la memoria las palabras recientemente leídas para posteriormente integrarlas al conjunto de la oración o texto que se está leyendo. Este proceso requiere comprender el significado de cada una de las palabras que se están leyendo, por lo que la memoria semántica participa en él todo el tiempo.

## **2.2 MEMORIA DE TRABAJO**

Durante la lectura, la secuencia de las palabras debe mantenerse en un almacén temporal mientras el proceso de comprensión las integra en una estructura conceptual con significado en la memoria a largo plazo. Este sistema, que permite el procesamiento y almacenamiento de resultados parciales necesarios para el procesamiento activo en cualquier momento, es la memoria de trabajo. La memoria de trabajo podría ser definida como el sistema para el almacenamiento y manipulación temporal de la información, necesario para el desempeño de algunas actividades cognitivas complejas como la comprensión, aprendizaje y razonamiento (Baddeley, 1992). En ocasiones, se ha utilizado el término memoria de trabajo como sinónimo de “memoria de corto plazo”, sin embargo en la actualidad se considera que no son la misma cosa, como se explicará más adelante.

Los estudios sobre la memoria han intentado producir un modelo de la memoria humana, y muchos de estos modelos proponían dividir a la memoria en dos almacenes: uno de corto plazo y otro de largo plazo. Los estudios de la relación de la memoria con las tareas cognitivas se enfocaron en la memoria de corto plazo. Pascual-Leone (1970) propuso un modelo basado en la suposición de que la capacidad limitada del sistema de memoria de trabajo se desarrolla y aumenta con la edad. Este modelo corresponde con las ideas clásicas del estudio de la capacidad de memoria que se iniciaron con Ebbinghaus en 1885 y que

establecen que la cantidad de palabras que una persona puede recordar inmediatamente después de oírlas tiende a aumentar con la edad. También se ha demostrado que esta capacidad está directamente relacionada con la capacidad intelectual de los sujetos. En los 70's este tipo de pruebas de recordar palabras o series de números fueron incluidas en algunas pruebas para evaluar el cociente intelectual (Hulme y Mackenzie, 1992), que se utilizan hasta el momento actual. La capacidad limitada del almacén de memoria de corto plazo fue puesta a prueba por Miller en 1956, encontrando que el número máximo de letras que se pueden recordar inmediatamente después de oírlas es de 7 más menos 2. Este número es igual para letras que para números o incluso para palabras, por lo que propuso que la capacidad de la memoria de corto plazo era de siete "chunks" o unidades de información con significado. Posteriormente, se ha observado que la capacidad del almacén de corto plazo para distintos tipos de material a recordar es distinta; por ejemplo, Baddeley y cols., en 1975 encontraron que las palabras cortas se recuerdan mucho mejor que las palabras largas, y que el tiempo que tarda un sujeto en articular<sup>2</sup> las palabras usadas en esta clase de pruebas es crucial. Otras críticas al modelo del almacén de corto plazo fue que el concepto de "almacén" y "sistema" de memoria no es el mismo. Un sistema de memoria utilizará información obtenida del almacén de corto plazo pero también del almacén de largo plazo. En contra de la teoría de Pascual-Leone del aumento de la capacidad de memoria a corto plazo, Case en 1982, argumentó que la capacidad de memoria de trabajo permanece constante, pero su desempeño mejora conforme su uso se hace más eficiente debido a un procesamiento más rápido de la información y a la mejora de estrategias en niños mayores. Todas estas argumentaciones dieron pie a Baddeley para formular su modelo del sistema de memoria de trabajo.

De acuerdo con Baddeley (1986) la memoria de trabajo se compone de tres subsistemas: el procesador central, que es quien controla, dirige y realiza operaciones con la información; y a su vez tiene dos subsistemas esclavos: el subsistema de almacenamiento verbal o "bucle" fonológico articulatorio, y el subsistema de almacenamiento visual-espacial. Durante la lectura, el subsistema de almacenamiento verbal es el que mantiene disponible la información fonológica (convirtiendo la información escrita en un código fonológico que es

---

<sup>2</sup> Este proceso articulatorio se daría por medio del habla interna.

posible refrescar mediante un repaso subvocal) para su integración posterior con la información léxica, semántica y sintáctica, mediante la acción del procesador central.

Se ha propuesto que uno de los factores esenciales que influye en las deficiencias en la lectura es una baja capacidad en la memoria de trabajo (Daneman y Carpenter, 1983; Swanson, 1992). Just y Carpenter (1992), mencionan que la memoria de trabajo es importante en procesos complejos tales como el razonamiento, la solución de problemas y la comprensión del lenguaje. Estos autores proponen que la memoria de trabajo juega un papel crítico en el procesamiento y almacenamiento de productos intermedios y finales de las operaciones del lector o escucha como la integración de ideas a partir del flujo de palabras en un texto o en un discurso hablado. La idea de una capacidad limitada para el procesamiento y el almacenamiento es también la base de la teoría de Just y Carpenter (1992). Estos autores proponen un modelo con dos capacidades limitadas de la memoria de trabajo: una capacidad espacial de la memoria de trabajo y una capacidad verbal. La capacidad verbal de la memoria de trabajo cumple tanto con la función de almacenamiento (manteniendo en la memoria reciente los productos intermedios o finales de las operaciones del lector), como con la función de procesamiento (como el procesamiento sintáctico, la comparación y la integración de la información). Just y Carpenter (1992) teorizaron que, en caso de que se cuente con una limitación de recursos de la capacidad verbal de la memoria de trabajo, el procesamiento del lenguaje se llevará a cabo de manera más lenta y la ejecución se verá deteriorada. Según estos autores, la situación de recursos limitados de memoria de trabajo puede darse en tres casos; el primero de ellos cuando la capacidad de memoria de trabajo individual es baja, el segundo cuando la complejidad sintáctica de las oraciones es alta, y tercero, cuando las demandas de la tarea son altas (por ejemplo cuando se agrega una carga adicional a la memoria de trabajo).

King y Just (1991), realizaron un estudio conductual en el cual se manipularon los tres factores: capacidad individual, complejidad sintáctica y carga de memoria. Ellos investigaron cómo el procesamiento de las oraciones (que diferían en complejidad sintáctica) era influenciado por diferencias individuales en capacidad de memoria de trabajo verbal y por una carga de memoria de trabajo adicional. Los participantes tenían

que retener en la memoria una, dos o tres palabras finales de las oraciones mientras las leían. King y Just encontraron que las diferencias individuales en capacidad de memoria de trabajo, complejidad sintáctica y la carga adicional de memoria de trabajo afectan la comprensión y la velocidad de procesamiento. Sus resultados mostraron que los individuos con baja capacidad de memoria de trabajo son menos eficientes en el procesamiento sintáctico, particularmente con enunciados muy complejos y cuando la tarea era más demandante. El experimento de King y Just fue a nivel conductual, pero otra manera de estudiar los procesos cognitivos que subyacen a la lectura es obtener los potenciales relacionados con eventos de los sujetos durante una tarea de lectura.

### **2.3 POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS (PREs)**

Los Potenciales relacionados con eventos (PREs) son cambios locales de voltaje que se producen en el cerebro en respuesta a la presentación de algún evento externo, un estímulo concreto o por la realización de alguna tarea y reflejan la suma de la actividad postsináptica sincrónica de grandes grupos de neuronas. Estos cambios de voltaje se superponen a la continua actividad eléctrica cerebral de fondo y son por lo general demasiado pequeños para ser detectados en el registro del Electroencefalograma (EEG), por lo que se tiene que realizar alguna técnica de procesamiento de la señal para poder extraerlos del resto del EEG. Se puede definir al EEG como las oscilaciones de voltaje originadas por las corrientes iónicas intra y extraneuronales en una gran población de células dispuestas en forma radial a la superficie del cerebro, que se activan sincrónicamente. Dos problemas centrales en la utilización de los PREs son su extracción del EEG de base y su posterior identificación.

La técnica más utilizada para su obtención es la promediación, la cual supone que la actividad eléctrica cerebral de base varía de manera aleatoria, por lo cual, si se toman varios segmentos en los cuales se presentó el mismo estímulo, al promediarlos esa actividad de base tenderá a desaparecer. De este modo se eliminan los componentes no relacionados con el evento que se está estudiando y se hacen más ostensibles los que tienen una relación temporal con el estímulo, quedando una onda residual que representa el potencial

relacionado con el evento. Esta técnica tiene sus desventajas, entre otras está el hecho de que no pueden analizarse los estímulos individuales, sino que sólo puede tomarse el promedio de todos los estímulos de una misma clase, por lo que, por ejemplo, no pueden hacerse inferencias tomando en cuenta los tiempos de reacción de cada ensayo en una prueba. Además, está el hecho de que en la promediación podrían traslaparse ondas que tenían en el potencial original individual dos distintos picos, lo que traería problemas en la interpretación final del potencial promediado. Existen, pues, otras técnicas de obtención de los PREs además de la promediación, como el uso de filtros específicos que atenúan la señal que no corresponde a la señal del PRE que se está buscando. A pesar de sus desventajas, la promediación ha resultado ser la técnica más confiable, por lo que en la literatura se encuentra que la obtención de los PREs se lleva a cabo por este medio en la mayoría de los experimentos (Coles y Rugg, 1995).

Una vez extraídos los potenciales, queda el problema de su identificación y correlación con el evento que se está probando. Es importante notar que la atención del investigador se enfoca en una onda determinada del potencial, llamada *componente*. No cualquier deflexión en un potencial es un componente, este término está reservado para ondas características que pueden ser atribuidas a la actividad de poblaciones neuronales específicas, y relacionarse directamente con algunas manipulaciones experimentales en las que se modifique algún factor relacionado con un proceso específico (Näätänen y Picton, 1987). El PRE es definido en términos del proceso de información con el que está correlacionado; los componentes son definidos en términos de la función cognitiva que putativamente se lleva a cabo en los sistemas cerebrales, y toma en cuenta la latencia y la sensibilidad del componente a las manipulaciones experimentales. Para identificar un componente, además de la manipulación experimental, generalmente se toman en cuenta los siguientes factores:

- Latencia. Se trata del tiempo que tarda en aparecer una onda con relación al momento en el que se presentó el estímulo. Se mide en milisegundos.
- Amplitud. Se refiere al tamaño del pico máximo (punto de máxima amplitud) de la onda en relación con la línea basal. Se mide en microvoltios.
- Polaridad. Puede tratarse de una onda negativa o positiva.

- Distribución topográfica sobre el cráneo. Se refiere a la distribución de voltajes en dos dimensiones. Existe mayor resolución espacial mientras más electrodos se usen.

Los componentes de los PREs deben sus nominaciones a dos factores solamente: su polaridad y la latencia del pico de la onda. Así, los componentes de los PREs son deflexiones positivas o negativas que se asocian con diferentes procesos cognoscitivos y son los que constituyen los distintos patrones de PREs. Así, un componente N200 sería una onda que se presenta a los 200 milisegundos después de la presentación de un estímulo y que tiene una polaridad negativa.

Hay dos clases de componentes que se presentan como respuesta a los eventos que se están estudiando; un primer tipo son aquellos componentes sensibles a las propiedades físicas de los estímulos sensoriales como su modalidad e intensidad, estos componentes son llamados exógenos. Estos componentes no son afectados por manipulaciones cognitivas, sino que dependen directamente de la presentación de un estímulo físico, como un sonido o un estímulo luminoso en la pantalla de una computadora. Por el otro lado están aquellos componentes cuyas características e incluso su aparición, dependen de la naturaleza de la interacción del sujeto con el estímulo, y varían en función de factores tales como la atención, la relevancia de la prueba, y el proceso mental requerido por esta última. Algunos incluso pueden ser producidos por la ausencia de un evento externo, por ejemplo, cuando se espera que se presente un estímulo determinado y no se presenta (Sutton y cols., 1967). Estos componentes son llamados endógenos. Por supuesto, la clasificación exógeno-endógeno no es tan simple ni es mutuamente excluyente. Algunos componentes exógenos o tempranos son afectados por procesos cognitivos como la atención y algunos componentes tardíos o endógenos son afectados por los atributos físicos del estímulo (Coles y Rugg, 1995). Sin embargo, se considera que aquellos componentes que se generan en los primeros 100 msec después de la presentación del estímulo son exógenos, mientras que los que se presentan después se consideran endógenos.

Componentes exógenos son, por ejemplo, los producidos por estímulos sensoriales tales como estímulos auditivos, que producen lo que se ha llamado “potenciales de tallo”, los

cuales se registran en los primeros 12 mseg. después de la presentación de un estímulo (un “click”), y corresponden a la activación de núcleos en el tallo cerebral que están asociados con la transmisión de información auditiva (Celesia y Brigell, 1999). Las deflexiones posteriores producidas por estímulos auditivos corresponden con la llegada de la información a varias regiones de la corteza. Ante los estímulos visuales pueden registrarse potenciales provocados aún más tempranos que los de tallo, ya que los primeros grupos neuronales registrables se encuentran en la retina. El registro de los potenciales provocados en la retina se denomina *electrorretinograma*, y es utilizado clínicamente para evaluar la integridad funcional de los fotorreceptores de la retina (Armington, 1974). Los núcleos sensoriales de relevo de la vía visual (como por ejemplo el núcleo geniculado lateral), están configurados como “campos cerrados”, y su actividad eléctrica no puede ser registrada. Los estímulos somatosensoriales también producen potenciales exógenos tempranos.

Dentro de los potenciales endógenos, hay algunos que han recibido especial atención, como los componentes N200 y P300. La N200 es un componente tradicionalmente asociado con la atención. El paradigma utilizado para obtenerlo involucra la presentación de series de estímulos, cada estímulo perteneciente a uno u a otro de dos o más tipos. Un tipo de estímulo es improbable, y su presentación produce la N200 (Näätänen y cols., 1978). Por ejemplo, pueden presentarse sonidos de distintas frecuencias, y el sonido cuya frecuencia se presente con menor probabilidad, producirá la N200. Este paradigma es llamado de “*oddball*”. El componente N200 ha sido ligado a procesos de atención, ya que al manipular las condiciones del experimento pidiendo al sujeto que atienda o no al estímulo que se le presenta cambian sus características.

El componente P300 ha recibido mucha atención debido a su amplitud (5-20 $\mu$ V) y a la facilidad con la que es producido. Este componente fue descrito por Sutton y cols. (1965) y después de ellos se realizaron numerosos estudios con el fin de identificar las condiciones que podían afectar su amplitud y latencia. El paradigma de estimulación más común para encontrar este componente es el paradigma de *oddball*, en él se le presentan al sujeto dos clases de estímulos, una de ellos con menor probabilidad de ocurrencia, y la tarea implica que el sujeto clasifique los eventos. Los eventos con menor probabilidad de ocurrencia

producen la P300, que consiste en una deflexión positiva que tiene su máximo sobre la región central y parietal y cuya latencia puede variar entre los 300 y los 900 mseg. La latencia varía según la dificultad de la tarea; mientras más difícil sea mayor es la latencia del componente (Kutas y cols., 1977). En las tareas sencillas de *oddball*, la amplitud del componente P300 depende de la probabilidad de ocurrencia del estímulo, mientras menor sea ésta, mayor será la amplitud de la P300. Por ésta y otras consideraciones algunos investigadores han propuesto que la P300 refleja un proceso de actualización de la memoria por medio del cual el estímulo actual es procesado en función de la información previa que se tenga (Donchin y Coles, 1988).

## 2.4 PREs EN LECTORES DEFICIENTES

La mayoría de los estudios realizados con PREs han sido efectuados en niños con dislexia más que con lectores deficientes, y se han enfocado en componentes de PREs anteriores a la P300, como N100, N200 y P200.

Varios estudios han mostrado que los niños con deficiencias en la lectura obtienen peores puntajes en tareas de memoria semántica, por lo que se piensa que en ellos el procesamiento semántico es deficiente (Vellutino y Scanlon, 1985; Vellutino y cols., 1995; Waterman y Lewandowski, 1993). Es posible que las deficiencias semánticas que son observadas en lectores deficientes sean debidas a un acceso más lento a la información semántica. En un experimento de Silva-Pereyra y cols. (2003), se observaron mayores amplitudes y latencias del componente P200, menores amplitudes y mayores latencias del componente P300 en lectores deficientes durante una tarea de categorización semántica de palabras. Sin embargo, el componente N400 fue muy similar en los lectores normales y deficientes tanto en la categorización semántica de palabras como en la de figuras. Los autores concluyeron que dichos lectores no tienen fallas en el procesamiento semántico, sino que tienen problemas en la decodificación de la palabra escrita y su mantenimiento en la memoria de trabajo, lo cual retrasa la categorización semántica. En otro estudio, Silva-Pereyra y cols. (2001) exploraron la relación entre la memoria de trabajo y el componente P300 (asociado a una actualización de la memoria), durante una tarea de discriminación de color y en la tarea de Sternberg (1966). Se encontraron mayores latencias en la P300 en

lectores deficientes, resultado que sugiere que los lectores deficientes tardan más tiempo en la actualización de la memoria, por lo que se piensa que tienen una menor capacidad en la memoria de trabajo.

Bernal y cols. (2000), plantean lo siguiente: “Si suponemos que los lectores deficientes pueden tener fallas en la memoria de trabajo, sería necesario enfrentarlos con tareas que exigieran un mayor esfuerzo, de tal manera que la memoria de trabajo se sobrecargara y así afloraran las deficiencias en este sistema...” Bernal utilizó como tarea un paradigma de “oddball”, con sonidos, manipulando la probabilidad de aparición del estímulo infrecuente, esperando encontrar diferencias en la P300 de niños lectores deficientes con respecto a los controles, pero encontró diferencias tan sólo en la P200, un componente asociado a la atención. Bernal concluye que estos resultados podrían deberse al hecho de que la tarea que le presentó a sus sujetos era muy sencilla, no sobrecargó la memoria de trabajo y por lo tanto no encontró diferencias en la P300 entre los controles y los lectores deficientes.

Se han estudiado también los componentes N100, N200, P200 y la P300 (Dainer y cols., 1981; Holcomb y cols., 1985; Taylor y Keenan, 1990). En la mayoría de estos estudios se han descrito mayores latencias y menor amplitud en los niños con dislexia con respecto a los niños normales. Sin embargo, con respecto a la P300 se han descrito resultados contradictorios; en ocasiones en niños con deficiencias en la lectura existe mayor amplitud (Barnea y cols., 1994), por lo que no se tienen todavía resultados concluyentes. Estos hallazgos contradictorios podrían deberse a la gran variabilidad en las tareas que se han utilizado en estos estudios.

Rodríguez (1995), realizó pruebas a niños lectores deficientes con el fin de determinar las diferencias entre ese grupo y uno de lectores normales en cuanto al componente N400. Encontró que en el grupo de lectores deficientes las respuestas electrofisiológicas ante una palabra control y una violación semántica eran muy similares, además de que la latencia del componente N400 era mayor que en el grupo control. Estos resultados le llevaron a concluir que los lectores deficientes tienen un reconocimiento pobre de las incongruencias semánticas, además de que su proceso de integración léxica es más lento. También observó

una topografía del efecto N400 con predominio frontal, lo que interpretó como que el proceso semántico en estos niños requiere un gran esfuerzo de atención. Se ha postulado que los procesamientos conscientes (no automatizados) ocurren con mayor probabilidad durante tareas difíciles que requieren un alto grado de atención por parte del sujeto y están relacionados con una activación frontal cerebral (Moscovitch y Winocur, 1992).

## **2.5 PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE Y PREs.**

En relación con los estudios del lenguaje, el uso de los PREs se basa en el supuesto de que diferentes procesos cognitivos se ven reflejados en patrones diferentes de actividad cerebral. El estudio de los PREs permite conocer la sucesión exacta de respuestas eléctricas en forma de ondas que se producen debido a la presentación de un estímulo y su procesamiento secuencial. Entonces, es posible estudiar separadamente distintos niveles de representación lingüística ya que pueden estar relacionados con patrones distintos de los PREs.

En el estudio del lenguaje, se han identificado varios componentes de PREs que reflejan específicamente el procesamiento del lenguaje. Por ejemplo, los componentes más tempranos como P100 y N100 (también llamados P1 y N1), están relacionados con el procesamiento visual de los rasgos físicos en la lectura; el componente P300 se ha relacionado con la codificación y el almacenamiento de la información en la memoria (procesos indispensables en el procesamiento lingüístico). El estudio del lenguaje por medio de los potenciales relacionados con eventos ha tenido dos aproximaciones: una de ellas se enfoca al estudio de los procesos a nivel de palabras, aisladas o en el contexto de otras palabras también aisladas; y el segundo se enfoca al estudio de la comprensión de oraciones (reconocer palabras en el contexto de oraciones completas y procesar su estructura sintáctica). En esta última aproximación se han identificado principalmente componentes relacionados con el procesamiento semántico y sintáctico de la oración. El componente N400 se ha relacionado con el procesamiento semántico y la P600 y los componentes llamados Left Anterior Negativity (LAN) o Negatividad Anterior Izquierda y

Early Left Anterior Negativity (ELAN) o Negatividad Temprana Anterior Izquierda, con el sintáctico.

### 2.5.1 PROCESAMIENTO SEMÁNTICO

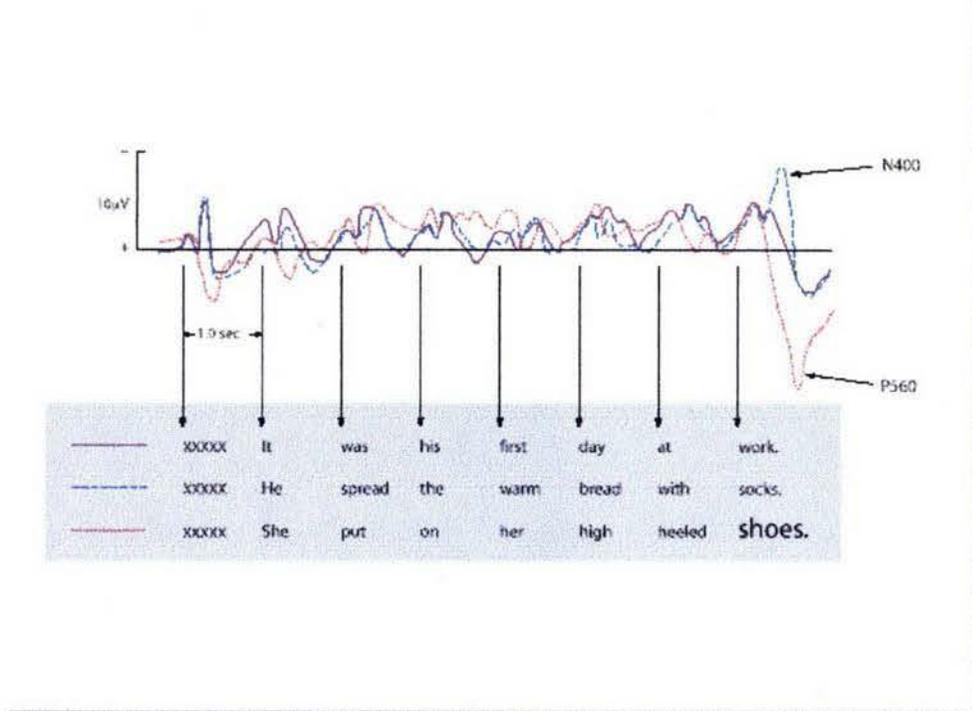
#### *N400*

Este componente fue descrito por Kutas y Hillyard en 1980 en un experimento en el que presentaron tres tipos de oraciones a sus sujetos experimentales. En el primer tipo de oraciones, la última palabra violaba las expectativas semánticas de la oración, en el segundo la última palabra iba de acuerdo al contexto de la frase y en el tercer tipo la última palabra era semánticamente correcta pero físicamente distinta, pues era de mayor tamaño que el resto de la frase (Fig. 2). Después de obtener el registro de los PREs, encontraron que ante la palabra semánticamente anómala, se producía una onda de polaridad negativa aproximadamente 400 milisegundos después de la presentación de la palabra, tenía una distribución posterior y una ligera asimetría hacia el hemisferio derecho, aunque algunos autores han encontrado una distribución central (Gunter y cols., 1997). Este trabajo demostró que el componente N400 es sensible a la relación semántica que guarda una palabra con respecto al contexto de la oración. Después de este trabajo pionero, se han llevado a cabo numerosos estudios presentando a los sujetos tanto estímulos visuales como auditivos, en varios idiomas e incluso en el lenguaje de señas de los sordomudos, y se demostró que la onda N400 está inversamente relacionada con la expectativa semántica de una palabra dada en relación con su contexto, es decir, este componente es mayor en su amplitud mientras menos esperada sea la palabra de acuerdo con el contexto de la oración. Sin embargo, esto no quiere decir que no se produzca ante las palabras semánticamente correctas, sino que es más amplio en las violaciones. La N400 no se restringe a las violaciones (Van Petten y Kutas, 1991, citado en Hahne y Friederici, 2002), sino que es un reflejo de la integración semántica de cualquier palabra al contexto de la oración. Por lo tanto, el componente N400 ha sido identificado generalmente como una respuesta cerebral asociada al procesamiento semántico.

Holcomb y Neville (1990) sostienen que la N400 es específica de estímulos lingüísticos, mientras que otras investigaciones en las que se presentan como estímulos melodías o escalas musicales también han obtenido *efectos*<sup>3</sup> N400 (Coles y Rugg, 1995), lo cual no contradice los resultados de Holcomb y Neville, dado que la música es también un lenguaje, pero en algunos estudios se han encontrado efectos N400 en tareas que implican pares de imágenes relacionadas y no relacionadas. Los resultados ponen en entredicho la especificidad lingüística de la N400, pero no la refutan por completo, dado que es probable que imágenes y palabras estén representadas en un sistema común, como en una memoria conceptual, o bien, que estén separados pero con una gran interconexión (Osterhout y Holcomb, 1995). Harmony y cols. (2001), en un estudio en el que utilizaron una tarea de categorización de figuras y palabras, encontraron que hay bandas de frecuencia del EEG (en su análisis cuantitativo) que no cambian entre los dos tipos de tareas (categorizar palabras o figuras). Estos resultados llevaron a los autores a concluir que los significados de ambos tipos de estímulos están representados en una memoria conceptual común que recibe información de dos sistemas, uno llamado logogen, el cual es un almacén de características visuales y fonológicas de las palabras, y otro llamado iconogen, que es un almacén de características de las figuras.

---

<sup>3</sup> *Efecto* se le llama a la diferencia observada en el componente debida a la manipulación experimental. Es decir, cuando se observa una mayor amplitud en un componente N400 en una palabra semánticamente inesperada en comparación con una palabra correcta, dicha diferencia es el *efecto* N400.



**Fig.2** Resultados del experimento de Kutas y Hillyard (1980). Se muestra la respuesta electrofisiológica a las palabras de tres tipos de oraciones. La primera oración está correctamente escrita (“Fue su primer día en el trabajo”), la segunda tiene un error semántico al final de la oración (“Él untó su pan tibio con *calcetines*”) y la tercera oración es correcta pero su última palabra es de mayor tamaño (“Ella se puso sus zapatos de tacón alto”). La última palabra de la segunda oración (*calcetines*) es la que produce una onda N400, por ser semánticamente anómala. La negatividad está graficada hacia arriba.

## 2.5.2 PROCESAMIENTO SINTÁCTICO

### 2.5.2.1 COMPONENTES TEMPRANOS

#### LAN

En el estudio del procesamiento sintáctico, se han descrito tres componentes de los PREs. Uno de ellos es una negatividad anterior izquierda (LAN, por sus siglas en inglés), que se produce por violaciones sintácticas usando estímulos tanto auditivos como visuales. Dicho componente consiste en una onda negativa que se presenta entre los 300 y 500 mseg. aproximadamente, en regiones anteriores y con una asimetría hacia el hemisferio izquierdo. Se ha observado en violaciones de estructura de frase (Münste y cols., 1993; Neville y cols., 1991), durante el proceso de subcategorización (Rösler y cols., 1993) en violaciones de la

concordancia sujeto-verbo (Gunter y cols., 1997) y en violaciones sintácticas usando oraciones jabberwocky<sup>4</sup> (Münste y cols., 1997). Estas oraciones se usan para explorar aspectos semánticos y sintácticos, ya que son construidas de modo que semánticamente sean incomprensibles, sustituyendo las palabras por pseudo palabras, pero conservan intacta la estructura sintáctica del idioma.

Hoen y Dominey (2000) en un estudio acerca de la LAN encontraron que está relacionada no sólo con el análisis sintáctico, sino que puede ser provocada también por un procesamiento secuencial no lingüístico. Usaron una tarea de estímulos visuales en la que había que decidir si una secuencia de letras que no formaban palabras era correcta o no de acuerdo a unas reglas preestablecidas por los propios investigadores. Sus observaciones los llevan a argumentar que algunos de los componentes del procesamiento del lenguaje podrían ser estudiados como procesos cognitivos más generales.

ELAN (Early Left Anterior Negativity).

Se ha supuesto que este componente es automático e independiente de la información léxica y semántica. Se presenta en violaciones de estructura de frase y no parece ser afectado por manipulaciones de proporción de presentación de las oraciones incorrectas (Hahne y Friederici, 1999). Se ha sugerido que este componente refleja un proceso automático inicial por medio del cual el sujeto reconoce la categoría de las palabras que lee en el contexto de la oración. Se presenta en el rango de 100 a 300 msec. de latencia aproximadamente. Las violaciones de estructura de frase que son poco frecuentes pero que podrían ser consideradas correctas si el lector es poco estricto, no producen esta negatividad (Friederici y cols., 1996; Hagoort y cols., 1993). El generador de este componente ha sido localizado en regiones corticales anteriores izquierdas.

Estudios magnetoencefalográficos han señalado la localización de los procesos sintácticos tempranos en áreas frontales y temporales, usando estímulos auditivos. Los resultados

---

<sup>4</sup> Estas oraciones son llamadas así por un poema escrito por Lewis Carrol en 1872 el cual estaba compuesto por oraciones cuyo contenido semántico era casi incomprensible, pero que conservaban su estructura sintáctica; el protagonista del poema era llamado *The dreadful Jabberwock*.

mostraron que el procesamiento sintáctico temprano está relacionado con una activación en regiones izquierdas temporales y en regiones fronto-laterales con una tendencia de lateralización al hemisferio izquierdo (Friederici y cols., 2000).

Sin embargo, los resultados de experimentos que exploran tanto ELAN como LAN no han sido consistentes, existe gran variabilidad tanto en la latencia de presentación como en la topografía (Vos y cols., 2001), además de que no se presenta en todos los estudios realizados. Por estas razones, las negatividades tempranas asociadas a violaciones sintácticas están aún sujetas a debate y a más estudios (Osterhout y cols., 2002).

#### 2.5.2.2 COMPONENTES TARDÍOS

##### *P 600*

El otro componente relacionado al procesamiento sintáctico es la onda P600. Este componente es una onda positiva con una latencia larga, que comienza alrededor de los 500 milisegundos y dura unos cuantos cientos de milisegundos; se presenta en muchas violaciones sintácticas asociada a la presentación temprana del componente LAN y tiene una distribución centro-parietal. Sin embargo, la relación de este componente con su correspondiente proceso cognitivo está aún sujeta a controversia. Algunos autores sugieren que la P600 no es más que un miembro tardío de la familia de la P300 (Coulson y cols., 1998, Gunter y cols., 1997), componente producido por eventos no necesariamente lingüísticos. El componente P300 es típicamente producido por estímulos poco frecuentes, y es afectado por factores como probabilidad de aparición o la relevancia del estímulo.

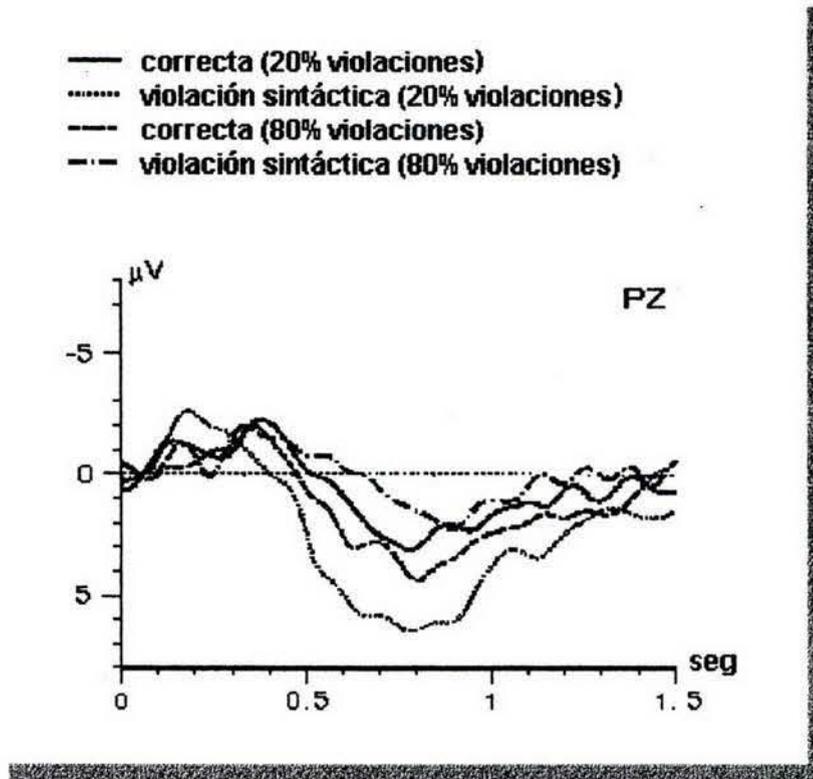
Coulson y cols. (1998) concluyeron que la P600 es miembro de la familia de la P300 debido a su topografía y a los resultados de sus experimentos, en los cuales presentaban dos tipos de violaciones sintácticas a sujetos de habla inglesa, y manipularon la probabilidad de ocurrencia de los errores, obteniendo con ello una influencia en la amplitud de la P600. Los resultados de Hahne y Friederici (1999) concuerdan con los de Coulson y cols. (ver Fig. 2). En contraste, Osterhout y cols. (1996) concluyen que la P600 es independiente del efecto P300. Osterhout y cols. realizaron un experimento en el cual presentaron tres tipos de

errores en oraciones: un error sintáctico, en otro tipo de anomalía se presentaba una palabra correcta pero de mayor tamaño físico y en un tercer tipo la palabra era doblemente anómala, tenía error sintáctico y era de mayor tamaño. Las palabras físicamente anómalas produjeron un efecto P300 y resultaron más sensibles a las manipulaciones de probabilidad que las sintácticamente erróneas, y las doblemente anómalas sumaron los efectos de los dos componentes, por lo que concluyen que ambos efectos son distintos e independientes. Canseco-González (2000) plantea que las diferencias obtenidas en dichos estudios se deben a las diferencias en el método, ya que ambos manipulaban la probabilidad de ocurrencia del error sintáctico con distintas proporciones. Es probable que los efectos de errores gramaticales y debidos a la probabilidad podrían interactuar si son originados por el mismo substrato neural. Otra posibilidad es que, dado que un lector anticipa la siguiente palabra que va a leer, un error sintáctico en una palabra podría ser tomado como un evento “poco probable”. Al margen de la discusión acerca de si la P600 refleja exclusivamente aspectos de procesamiento lingüístico o si es una P300 tardía, su correlación con el proceso de análisis estructural de la oración durante la comprensión del lenguaje está bien establecida (Hahne y Friederici, 2002).

La P600 ha estado en el centro de un debate debido a que, si está relacionada en efecto con el procesamiento sintáctico, que es prácticamente automático (según lo reflejado en los componentes ELAN y LAN), es de esperarse que se presentara antes que la N400; un componente tan tardío no debería estar relacionado con un procesamiento que suponemos que es temprano. Entonces, ha sido propuesto que el componente P600 está relacionado con un reprocesamiento sintáctico (Friederici y cols., 1996) o que refleja un proceso de reinterpretación por medio del cual el sujeto intenta encontrarle un significado al enunciado después de que ha notado un error gramatical (Canseco-González y cols., 1997), por lo que podría involucrar también un procesamiento semántico.

Recientemente, autores como Friederici y cols. (2001), sostienen la teoría de que el componente P600 en realidad refleja una mezcla de subcomponentes. Posiblemente refleja diferentes procesos como diagnóstico, reanálisis prosódico y sintáctico, revisión e

integración, lo cual sería un intento de explicación ante los distintos resultados obtenidos al tratar de manipular este componente.



**Fig. 3.** Experimento de Hahre y Friederici (1999) en el cual encontraron un mayor efecto P600 ante una menor probabilidad de ocurrencia de las oraciones con violaciones sintácticas. La positividad se muestra hacia abajo.

Varios autores han tratado de resolver la relación entre procesamiento sintáctico y semántico, contribuyendo al debate acerca de la P600. Una de las aproximaciones al estudio de los procesos semánticos y sintácticos han sido los enunciados jabberwocky. Por ejemplo, Münte y cols.(1997) encontraron una positividad tardía y distribuida usando enunciados regulares con errores de concordancia de verbo (presentados visualmente), y una negatividad con una latencia de 300 mseg para los enunciados jabberwocky con el mismo tipo de error. Basándose en estos resultados, estos investigadores sugirieron que la positividad tardía reflejaba un reanálisis basado en información semántica. Si esta información no está disponible, como es en el caso de los enunciados jabberwocky,

entonces no se efectúa el reanálisis. Los autores concluyen que la negatividad temprana es un índice más directo de incongruencia sintáctica que la P600.

Canseco González y cols. (1997), también usaron enunciados regulares y jabberwocky presentados visualmente, con violaciones de estructura de frase, y encontraron una negatividad frontal entre los 300 y los 500 mseg. y ninguna positividad en los enunciados jabberwocky, y en los regulares encontraron los dos componentes (LAN y P600). De acuerdo con estos resultados, tanto Münte como Canseco-González concluyeron que la P600 no está relacionada con el análisis de la estructura del enunciado, sino que es un reprocesamiento que incluye la información semántica.

Hahne y Jescheniak (2001) proponen una hipótesis “temporal” del procesamiento de la información semántica y sintáctica y argumentan que la información sintáctica extraída de manera temprana puede afectar el procesamiento semántico mientras que la información sintáctica extraída relativamente tarde no puede hacerlo. Proponen, entonces, el análisis de los componentes de PREs semánticos y sintácticos en tres ventanas de tiempo:

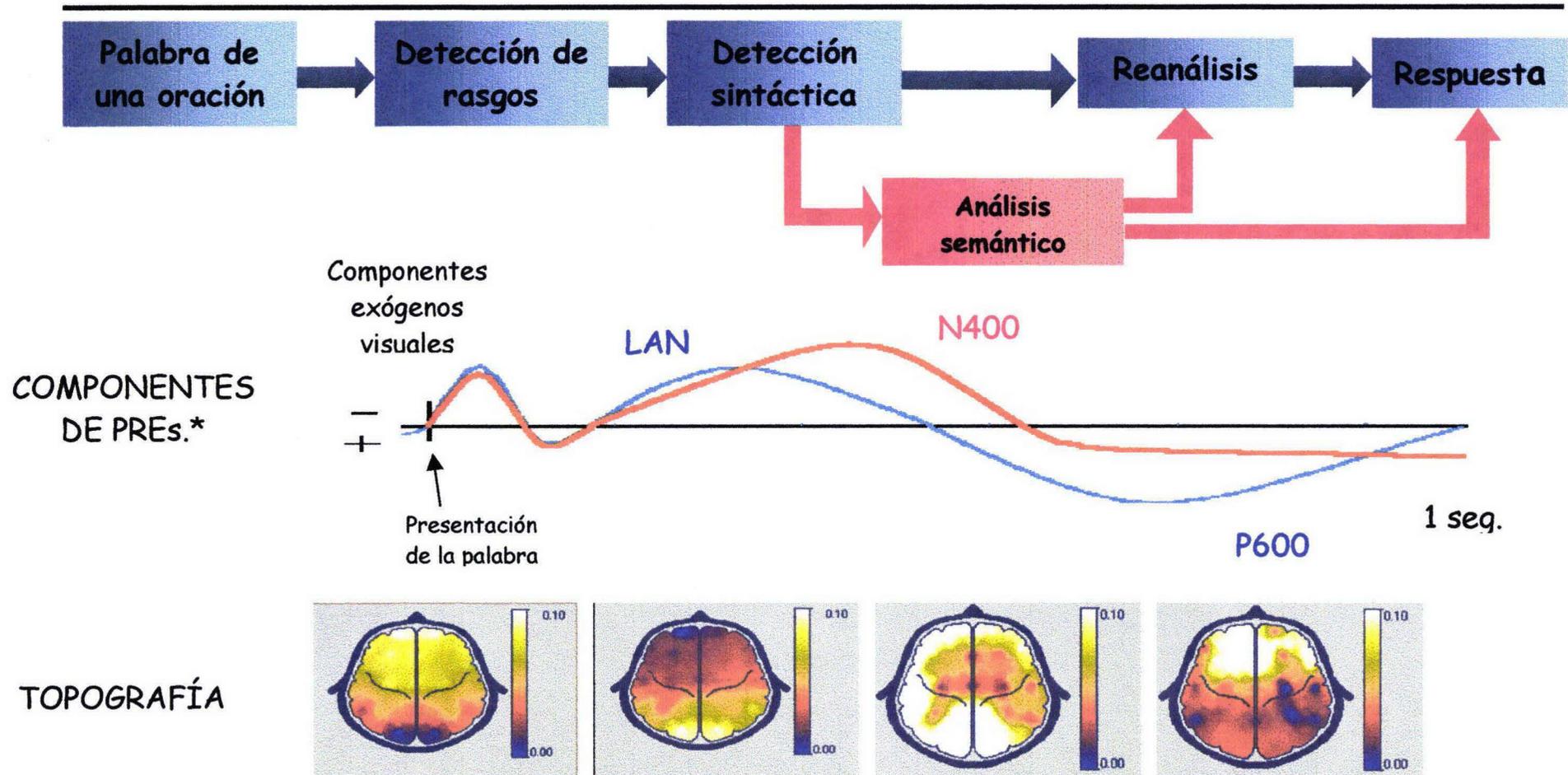
- a. Fase temprana 100 a 250 mseg: ELAN.
- b. Fase intermedia. De 300 a 500 mseg: LAN y N400.
- c. Fase final. De 500 a 1000 mseg: P600.

Con el uso de oraciones jabberwocky (presentadas auditivamente) con y sin violaciones sintácticas comparadas con oraciones normales con y sin violaciones sintácticas, ellos obtuvieron un componente Early Left Anterior Negativity (ELAN) en enunciados sintácticamente incorrectos en ambos tipos de oraciones, tanto regulares como jabberwocky. Esta negatividad fue seguida por una positividad parietal en los enunciados regulares y observaron N400 sólo para enunciados regulares sintácticamente correctos. En este estudio se encontró que hay una negatividad temprana en relación con los errores de estructura de frase, y hay una P600, pero no N400. Esto podría indicar que el proceso que subyace a la negatividad temprana, previene la integración semántica de la palabra, dando lugar a la detección de un error sintáctico. Esto sugiere que el sistema que lleva a cabo el

procesamiento sintáctico no diferencia entre si una palabra puede o no puede ser integrada en la representación semántica porque viola las expectativas semánticas del enunciado o porque no contiene ningún significado semántico. Esta hipótesis está a favor del procesamiento en paralelo de los procesos sintácticos y semánticos, dado que los componentes N400 y LAN sí pueden encontrarse en el mismo potencial, pero la N400 no puede presentarse en el mismo potencial que la P600, por lo que Hahne y Jescheniak (2001) plantean que los procesos sintáctico temprano y el semántico son independientes y pueden llevarse a cabo en paralelo sin interferir el uno con el otro. Sin embargo, el proceso subyacente a la P600 (un reanálisis o reinterpretación) se lleva a cabo en una fase del procesamiento en la cual se requiere que la información semántica y la sintáctica sean analizadas en conjunto, por lo que el proceso de reanálisis no puede realizarse al mismo tiempo que la integración semántica (ver figura 3).

Según Hahne y Jescheniak (2001), esta hipótesis también aporta información útil para comprender los resultados contradictorios que se obtienen al variar la probabilidad de ocurrencia del error sintáctico. Si el procesamiento del error sintáctico refleja un componente anterior a la P600, ésta es atenuada en caso de alta proporción de enunciados incorrectos, pero si el procesamiento no se refleja en el PRE antes de la tercera fase (comprendida entre los 500 y 900 mseg., la fase en la que aparece la P600), el componente P600 no se vería afectado.

### 2.5.3 MODELO TEMPORAL PROCESAMIENTO DE LAS PALABRAS EN UNA ORACIÓN



**Figura 3.** Modelo del procesamiento de la información extraída de las palabras al leer una oración. Se propone este modelo en base a los estudios de Hahne y Friederici (2002). Arriba se muestra el modelo de cajas negras, y medio se muestra una gráfica de cómo se verían los componentes relacionados con las distintas fases del proceso (idealizados), abajo se ilustra una topografía hipotética de los componentes. Los mapas son probabilísticos, el color azul indica la mayor probabilidad de aparición del componente señalado. Los componentes exógenos tienen una topografía occipital debido a que son producidos por estímulos visuales.

\* Potenciales Relacionados a Eventos.

En la mayoría de los experimentos en los que se utiliza el paradigma de violaciones semánticas o sintácticas para estudiar los procesos del lenguaje se han encontrado componentes N400 y P600 en distintas condiciones, nunca juntos en un mismo potencial, aún cuando se hagan combinaciones de los dos tipos de errores en el mismo sitio de la oración (Gunter y cols., 2000, Hahne y Friederici, 2002). Por lo tanto, se podría pensar que los procesos que subyacen a dichos componentes no se dan en paralelo. Se ha supuesto que, en caso de que se presenten los dos tipos de violaciones en la misma oración, la detección del error sintáctico evitará que la palabra sea integrada semánticamente en la oración por lo que el componente N400 no aparecerá (Hahne y Friederici, 2002). La hipótesis temporal del procesamiento de la información en la lectura de oraciones (Figura 4) plantea que, al leer una palabra, lo primero que se extrae es la información visual perteneciente a los rasgos visuales de las letras. Este proceso se refleja en los componentes más tempranos, llamados exógenos. En el caso de la lectura estos componentes se registran en regiones occipitales, lo que corresponde a la corteza visual. En segundo lugar se hace una detección de la sintaxis por medio de un sistema capaz de detectar un error de manera automática o inconsciente. Este proceso puede ser llevado a cabo en paralelo con el análisis semántico y no tiene ninguna interferencia con él, por lo que puede ser posible registrar componentes LAN y N400 en el mismo potencial, si se tienen errores semánticos y sintácticos en la misma palabra de la oración. En cambio, el proceso de reanálisis que subyace a la P600 es un proceso que requiere el uso de la información semántica, por lo que interfiere con el proceso de integración semántica que refleja la N400. Entonces, podemos encontrar en un potencial componentes LAN y N400, o LAN y P600, pero nunca N400 y P600, ya que representan procesos que no pueden ser llevados a cabo en paralelo. Los procesos de análisis semántico y de reanálisis de la oración son procesos controlados o conscientes que requieren el uso de la memoria de trabajo. Por ejemplo, el análisis semántico implica una búsqueda en la memoria semántica y la comparación de la palabra leída recientemente con el contexto de la oración que se está leyendo. Por otra parte, se ha supuesto que el proceso reflejado por la P600 es un intento de reinterpretación de la oración una vez que se encontró un error sintáctico en él. Este proceso requeriría el uso de la información tanto sintáctica como semántica obtenida de la lectura de las palabras previas al error en la oración, con el fin de darle un sentido a lo leído a pesar de haber encontrado un error.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Con base en la literatura revisada se toman en consideración los siguientes puntos para plantear la necesidad de estudiar los procesos cognoscitivos de niños normales y lectores deficientes por medio del estudio de los potenciales relacionados con eventos.

- A. Existe evidencia de que los lectores deficientes tienen baja capacidad de memoria de trabajo.
- B. La mayoría de los estudios realizados en niños con deficiencias en la lectura no discriminan entre disléxicos y lectores deficientes, y los estudios con PREs en lectores deficientes son escasos.
- C. Los potenciales relacionados con eventos son una herramienta útil en el estudio de los procesos cognoscitivos involucrados con el lenguaje, y particularmente en la lectura.
- D. No se ha descrito el procesamiento sintáctico en niños a través de los PREs.
- E. Se ha supuesto que el proceso que subyace a la P600 es sensible a la sobrecarga de memoria de trabajo.
- F. Se ha supuesto que los componentes tempranos del procesamiento de la información en la lectura de oraciones, ocurren automáticamente y por lo tanto no se afectan por la sobrecarga en la memoria de trabajo.
- G. Por lo tanto, es posible explorar las fallas de los lectores deficientes sometiéndolos a una prueba que sobrecargue su memoria de trabajo.

### **4. Objetivo**

Evaluar el efecto de la sobrecarga en la memoria de trabajo sobre los procesos semántico y sintáctico en la lectura de oraciones en lectores deficientes, utilizando los PREs.

#### **4.1 Objetivos específicos**

Determinar si la influencia de la sobrecarga en la memoria de trabajo produce cambios de amplitud y/o latencia en los componentes ELAN, LAN, N400 y P600 en sujetos Control y en Lectores Deficientes, y determinar si existen diferencias entre ambos grupos.

## 5. HIPÓTESIS

- La sobrecarga en la memoria de trabajo afectará a los componentes tardíos (N400 y P600), pero no a los tempranos( ELAN y LAN), que corresponden a un procesamiento sintáctico automático.
- Los Lectores Deficientes tienen limitaciones en la capacidad de memoria de trabajo, por lo que habrá diferencias entre este grupo y el control en la amplitud y latencia de sus componentes.
- La sobrecarga de memoria de trabajo afectará los componentes tardíos de ambos grupos pero el efecto será más drástico en los componentes tardíos de los Lectores Deficientes, disminuyendo la amplitud de sus componentes tardíos.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 SUJETOS

*Selección de la muestra.* La mayoría de los sujetos participantes en este estudio fueron captados en la Escuela Primaria Anexa a la Normal del Estado de Querétaro, en donde se realizaron pruebas de lectura a niños voluntarios de 4º, 5º y 6º grados. También participaron niños de otras escuelas. Se evaluaron en total a 35 niños (varones y mujeres), de los cuales se excluyeron del estudio los zurdos, los que no cumplieran con todos los requisitos, calificaran muy bajo en alguna prueba, aquellos cuyos padres declinaran seguir participando en el estudio y los niños no cooperativos. Los sujetos participantes en el estudio son 20 niños diestros (8 varones y 12 mujeres), de edades entre los 8 y los 11 años y fueron evaluados con las siguientes pruebas:

1. WISC-R (en español)
2. Batería para detectar los trastornos en la Lectura (BTL).
3. Entrevista con el padre o tutor.

Los niños procedían de familias con un ingreso per cápita de entre uno y dos salarios mínimos al menos y sus madres tuvieron como mínimo de estudios la primaria terminada. Todos los niños obtuvieron puntajes en el WISC-R mayores a 75 puntos en la escala global. Todos los niños cursaban el grado escolar que les correspondía de acuerdo a su edad

cronológica, sin haber reprobado ningún grado. Los niños cuyos registros fueron incluidos en el estudio se clasificaron según la evaluación de la BTL en dos grupos: 10 Controles (4 varones y 6 mujeres) y 10 Lectores Deficientes (4 varones y 6 mujeres. Ninguno de los padres de los niños Lectores Deficientes reportaron que el inicio del trastorno en la lectura haya coincidido con eventos traumáticos o psicológicamente estresantes en la vida familiar, sino que recuerdan que el niño tuvo problemas con la lectura desde el inicio de este aprendizaje.

## 6.2 EVALUACIÓN DE LOS LECTORES DEFICIENTES

Los niños considerados como lectores deficientes fueron aquellos que obtuvieron puntuaciones de 1 a 2 desviaciones estándar por debajo de la norma en la Batería para los Trastornos de la Lectura (Reigosa y cols., 1994). La Batería para de los Trastornos de la Lectura (BTL) es un instrumento diseñado para niños de habla hispana que explora a través de ocho tareas diferentes los procesos implicados en la adquisición de la lectura. Esta exploración está automatizada en un software que incluye video juegos que funcionan como reforzadores de la ejecución del niño y hacen más amenas las tareas, previniendo así que el niño evaluado se aburra por falta de motivación. La BTL fue diseñada tomando en cuenta los diferentes mecanismos cognitivos que facilitan el desarrollo de la habilidad para leer y cuyas alteraciones provocan un retardo en dicha habilidad. Esta prueba está normalizada para la población de habla hispana española y validada para la población cubana, pero no para la mexicana. Sin embargo, esta prueba ha sido utilizada para evaluar niños mexicanos por Bernal y cols. (2000) y Silva-Pereyra y cols. (1994), encontrando que sus resultados no difieren de los obtenidos en Cuba y España. La BTL ha sido modificada para utilizarla en la población mexicana, eliminando los modismos propios de Cuba y España y adaptando los estímulos al contexto de nuestro país. Las ocho tareas que incluye la prueba son las siguientes:

- **Nominación rápida de figuras.** Consiste en la presentación breve de 45 figuras de animales y objetos en la pantalla de una computadora. El niño debe nombrarlas lo más rápido que pueda a través de un micrófono conectado a la computadora. Esta

tarea implica la utilización de la memoria a largo plazo del niño, que debe buscar la información que se le solicita en la memoria semántica.

- **Categorización fonológica.** Está compuesta por dos tareas: **categorización fonológica con figuras (rima)** y **categorización fonológica con palabras (conocida como aliteración)**. En la tarea de Rima se presentan en el monitor de una computadora tríos de figuras de las cuales dos son figuras de palabras que riman y una tercera no. El niño debe indicar la figura cuyo nombre no rima. En la tarea de aliteración se presentan en el monitor tríos de palabras en los que dos tienen un sonido inicial común y la tercera no. El niño debe indicar cuál es la palabra cuyo sonido inicial no coincide con el de las otras dos. En la prueba se utilizan muchas palabras irregulares (como cine, por ejemplo) para evitar que el niño se guíe por la forma ortográfica de la palabra. Esta tarea relaciona el conocimiento fonológico del niño (y por tanto, su capacidad de segmentar las palabras hasta sus componentes básicos, los fonemas), con su habilidad de lectura.
- **Percepción de rasgos.** En esta tarea se presenta en el monitor de una computadora una figura patrón que se oculta al cabo de 1 segundo, y a continuación se presentan cinco figuras alternativas para que el niño seleccione entre ellas a la figura patrón que se le presentó originalmente. Las figuras fueron diseñadas a partir de los trazos básicos de preescritura del idioma español. Esta tarea toma en cuenta el sistema de percepción visual del niño, a pesar de que en la actualidad ha disminuido la importancia que se le atribuía al factor visual en problemas de lectura. Sin embargo, algunos investigadores como Lovegrove y cols. (1978), han seguido insistiendo en estudiar el procesamiento perceptual de los malos lectores sobre todo los disléxicos, pues existe evidencia de una lentitud del procesamiento de la información visual de los niños que no aprenden a leer.
- **Gramática.** Está compuesta por dos tareas: **ordenamiento de oraciones y completamiento de oraciones**. En la primera de ellas se presenta en el monitor una oración desordenada que el niño debe ordenar. Las oraciones presentadas tienen distintos grados de complejidad sintáctica. La segunda prueba consiste en la presentación de una oración a la que le falta una palabra, y debajo de la oración aparecen cuatro palabras para que el niño seleccione la correcta. Esta tarea implica

la utilización del conocimiento sintáctico del niño. El análisis sintáctico es un prerrequisito para la comprensión de aquello que se lee, por lo que es esencial explorarlo en los niños malos lectores.

- **Lectura de palabras regulares, irregulares y pseudo palabras.** En esta tarea se le presenta al niño una serie de palabras regulares, irregulares y pseudo palabras escritas, una por una, en el monitor de una computadora, y el niño debe leerlas a través del micrófono. Las pseudopalabras son palabras que no tienen significado en nuestro idioma pero que son pronunciables. Esta tarea pretende explorar las estrategias de descodificación fonológica que usa el niño para leer las palabras. Los malos lectores generalmente leen bien las palabras pero tienen problemas en leer las pseudopalabras.
- **Lectura y comprensión de un texto.** Consiste en la presentación de un texto que el niño debe leer en voz alta. El texto varía en función de la edad del niño evaluado. Una vez leído, el niño debe responder tres preguntas sobre el texto. En esta tarea se evalúa tanto el tiempo que tarda el niño en leer el texto como su comprensión del mismo, lo que nos da dos factores a analizar, el proceso de descodificación y el proceso de comprensión.

Los resultados de la BTL se ofrecen en forma de perfiles cognitivos relativos al comportamiento de procesos básicos que están implicados en el aprendizaje de la lectura. Estos perfiles se obtienen para las variables de tiempo y de error de ejecución por separado y son el resultado de la comparación de la ejecución del niño en cada tarea con los datos normativos. La comparación de los tiempos de ejecución por tarea con la norma se realiza a través de la distancia  $Z$ , se consideran dentro de la norma, los valores de las distancias entre 1.9 y  $-1.9$  para un nivel de significancia del 5%, y la comparación de los errores de ejecución por tarea con la norma se realiza a través de los percentiles. Se considera dentro de la norma los valores entre el percentil 25 y el 75. Se consideraron lectores deficientes a aquellos niños que tuvieran calificaciones  $Z$  de más de 1.9 y menos de  $-3.8$  (una calificación de más de  $-3.8$  podría corresponder a un disléxico) o percentiles de más de 75 en el 80% de las pruebas de la BTL. Se consideraron tareas críticas las que tienen que ver con gramática y semántica.

### 6.3 MATERIALES

#### *Estímulos*

Para la realización de la tarea se construyeron 306 oraciones distribuidas de la siguiente manera: 76 oraciones con violaciones semánticas, 77 con violaciones de estructura de frase, y sus correspondientes oraciones control.

A continuación se presentan los tipos de oraciones que fueron utilizadas en el presente estudio. Con un asterisco están marcadas las oraciones con las violaciones y se subraya la palabra crítica de la que se analizará el PRE.

- Violación de estructura de frase (sintáctica).  
En la escuela hubo acerca clases de los planetas. (\*)  
En la escuela hubo clases acerca de los planetas.
- Violación semántica.  
Te invito a comer a mi espejo. (\*)  
Te invito a comer a mi casa.  
(\* ) violación

Longitud promedio de las oraciones con violaciones sintácticas y sus controles: 8 palabras (7-9).

Posición de las palabras críticas en la condición violación sintáctica: 5ª palabra.

Longitud promedio de las oraciones con violaciones semánticas y sus controles: 6 palabras (5-7).

Posición de las palabras críticas en la condición violación semántica: siempre era la palabra final.

Longitud promedio de las palabras críticas en la condición violación sintáctica: 6 letras.

Longitud promedio de las palabras críticas en la condición violación semántica: 6 letras (4-7).

## 6.4 PROCEDIMIENTO

El paradigma de estimulación se construyó de modo que las oraciones se distribuyeran aleatoriamente a lo largo de los experimentos. La tarea está dividida en dos sesiones, debido a que nuestros sujetos son niños y no podemos mantenerlos mucho tiempo quietos. Cada sesión consta de dos tareas, la primera sólo incluye la lectura de oraciones y la segunda incluye además de una serie de oraciones, una tarea extra de memoria de trabajo, la cual se explicará en el siguiente apartado. La duración de cada sesión fue de 40 minutos, aproximadamente, con un periodo de descanso entre las dos tareas.

Las cuatro series de oraciones fueron organizadas de manera que en la primera sesión se les presentaron a los sujetos dos series de oraciones, una de ellas con la tarea de sobrecarga de la memoria de trabajo. El total de oraciones se repartieron en las dos sesiones.

Se presentaron las oraciones en el centro del monitor de una computadora con el software comercial MIND TRACER (letras blancas sobre una pantalla negra), sincronizadas con el sistema de adquisición del EEG Medicid 4. Dicha presentación se hizo palabra por palabra, con un tiempo de presentación de cada palabra de 1 segundo, un tiempo ínterestímulo de 500 mseg y un tiempo ínterensayo de 1 seg. Los sujetos fueron situados a 1 metro del monitor, y con esa distancia visual el ángulo de visión de las palabras es de aproximadamente de  $0.573^\circ \times 0.573^\circ$ . Al inicio de cada oración, se presentaba en el centro del monitor un rectángulo formado por líneas blancas, en el centro del cual se presentaban las palabras. El rectángulo era la señal que indicaba al sujeto que debía poner atención. Al finalizar la oración, el rectángulo desaparecía de la pantalla. La desaparición del rectángulo era la señal para que el sujeto diera su respuesta.

Los sujetos participantes en el estudio se sentaron lo más confortablemente posible frente al monitor, con el gorro de 120 electrodos colocado. Se les pidió que leyeran, que contestaran bien y rápidamente a cada una de las oraciones. El registro se llevó a cabo en condiciones de semipenumbra, sin estímulos visuales ni auditivos que distrajeran la atención del niño,

en una cámara sonoamortiguada de registro de 4.70 por 3.27 metros. La temperatura de la cámara era mantenida con un sistema de aire acondicionado, entre 22 y 25° centígrados. Se pedía a los padres que los niños asistieran a la sesión de registro habiendo tomado sus alimentos y después de haber dormido bien. Generalmente los registros eran realizados por la mañana, sin embargo, por cuestiones de tiempo de los padres, algunos niños asistieron a la sesión por la tarde. La variación de la hora del día en la que el registro fue tomado afectó a ambos grupos por igual.

## 6.5 TAREAS

A) *Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico (JSS)*. En esta tarea los sujetos sólo debían leer las oraciones con atención y responder si a su juicio la oración presentada estaba correctamente escrita o no. La respuesta se daba por medio del mouse de la computadora, y se contrabalancean los botones para las respuestas de los sujetos. Se les explicó a los sujetos los tipos de errores que podían encontrar (violaciones semánticas o sintácticas). No hubo sesión de entrenamiento debido a la duración de la tarea.

B) *Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de Trabajo (SMT)*. En la segunda tarea se incluyó la prueba de Sobrecarga de la Memoria de Trabajo. Además de ser instruidos para ejecutar la tarea de JSS, con el mismo número de oraciones de similares características, se instruyó a los sujetos para que pusieran atención a las palabras finales de las oraciones presentadas y las retuvieran en la memoria, pues después de la presentación de dos o tres oraciones, se presentaba una palabra aislada. El sujeto debía decidir si dicha palabra pertenecía al conjunto de palabras que estaba reteniendo en la memoria. En esta tarea las palabras también fueron presentadas aleatoriamente y las respuestas fueron contrabalanceadas. Existen cuatro posibles casos en esta tarea:

1. Una palabra después de dos oraciones que sea la palabra final de alguna de ellas.
2. Una palabra después de dos oraciones que no pertenezca a ninguna de ellas.
3. Una palabra después de una serie de tres oraciones que sea la palabra final de alguna de ellas.

4. Una palabra después de una serie de tres oraciones y que no pertenezca a ninguna de ellas.

Ejemplos:

**Oración 1.** Tú lees poemas acerca de la luna.

**Oración 2.** Los bomberos apagaron el *jugo*.

**Oración 3.** Jaime te trajo un ramo de flores.

**Palabra aislada.** *estrellas*. (opción 4)

**Oración 1.** Mi mamá usa un anillo en su dedo.

**Oración 2.** Al pirata le falta un ojo.

**Palabra aislada.** *dedo*. (opción 1).

Durante la realización de las tareas, al mismo tiempo que se registraba el EEG, se tomaron los datos de la ejecución de las mismas, esto es, el número de respuestas correctas e incorrectas en cada tarea. Se analizó por separado la ejecución de la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico (en las dos pruebas) y la ejecución de la tarea extra de memoria de trabajo.

## 6.6 REGISTRO DE LOS PREs.

Se realizaron registros referenciales del EEG continuo de 120 canales, de acuerdo a la disposición del gorro Electro-cap, usando como referencia los lóbulos auriculares cortocircuitados. La señal fue filtrada con un ancho de banda entre 0.02 y 100 Hz. El EEG fue digitalizado con un periodo de muestreo de 5 mseg y almacenado para su análisis posterior. Sólo se analizó la señal correspondiente a los electrodos del sistema 10-20, incluido en el gorro de registro.

La edición del EEG se realizó fuera de línea, seleccionando visualmente todos los segmentos posibles de 1.28 segundos de duración libres de artefactos. Se obtuvieron los PREs para cada una de las condiciones experimentales por separado; es decir, se

promediaron todos los segmentos de 1.28 segundos libres de artefactos sincronizados con las siguientes condiciones:

1. Palabra crítica de violación de estructura de frase,
2. Palabra crítica de su control.
3. Palabra crítica de frase con violación semántica,
4. Palabra crítica de su respectivo control.

Una vez obtenidos los PREs, se realizaron los grandes promedios<sup>5</sup> correspondientes a los dos grupos experimentales: el de lectores deficientes y el grupo control, para el análisis visual de los datos y el posterior análisis estadístico. Se tomó un tiempo pre-estímulo de 100 milisegundos como línea de base para calcular los potenciales. El programa utilizado eliminó los ensayos en los que la respuesta fuese errónea.

## 6.7 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez obtenidos los potenciales para cada sujeto en cada tarea, se obtuvieron grandes promedios totales para cada grupo de sujetos, el de Lectores Deficientes y el control. Una vez obtenidos los grandes promedios, se analizaron los potenciales en las ventanas en las que se supone que se presenten los componentes asociados a cada tipo de violación, para realizar posteriormente el análisis estadístico.

**ELAN.** Se consideró a este componente como una deflexión negativa que se presenta entre los 100 y los 300 mseg. en relación con la condición de violación de estructura de frase. En caso de que este componente apareciera, se localizaría el pico máximo y se tomaría en cuenta una ventana de 25 mseg. antes y después del pico para su análisis estadístico, lo que nos da un total de 50 mseg.

---

<sup>5</sup> "Gran promedio" se le llama al cálculo de los potenciales grupales. Éstos se obtienen promediando los potenciales individuales de cada sujeto, en todo un grupo de  $n$  sujetos.

**LAN.** Se considera como una deflexión negativa que se presenta en la condición de violación de estructura de frase en una ventana comprendida entre los 250 y los 500 mseg. Una vez localizado el pico, se procedió como con el anterior componente.

**N400.** Deflexión negativa que se presenta en relación con la condición de violación semántica, en una ventana de 300 a 500 mseg. Se localizó el pico y se procedió como con el anterior componente.

**P600.** Deflexión positiva en relación con la condición de violación sintáctica. Se buscó en una ventana de 500 a 900 mseg. después de la presentación del estímulo.

Con el fin de probar la existencia de los componentes buscados, se realizó un *análisis de permutaciones* (Galán y cols., 1997), programa estadístico incluido en el software comercial EP Workstation, con un  $\alpha = 0.05$ , corriendo el programa con 10000 permutaciones. Esta es una prueba estadística no paramétrica multivariada. La prueba estadística de uso más frecuente en este tipo de diseños experimentales es el Análisis de Varianza (ANDEVA) de medidas repetidas, pero recientemente, métodos de cómputo basados en los principios de las permutaciones han sido propuestos como metodología estadística alternativa para probar las diferencias entre PREs, ya que el uso de ANDEVA asume una distribución normal de los datos y requiere grandes muestras experimentales, entre otras condiciones, y en este tipo de experimentos no es posible cumplir con tales supuestos. Por otra parte, cuando se hacen múltiples comparaciones, los grados de libertad deben ajustarse para evitar un nivel alfa inflado, lo cual requiere de correcciones (como la de Greenhouse Geisser, por ejemplo) que no garantizan niveles exactos de significancia (Jenning y cols., 1987). Las pruebas de permutaciones no asumen ningún tipo de distribución de los datos y sus valores de significación ( $p$ ) son exactos para cualquier número de sujetos, puntos en el tiempo y sitios de registro.

La prueba de permutaciones funciona de la siguiente manera: utilizando la teoría de las permutaciones, se calcula la distribución empírica del estadígrafo t-Student para cada variable para la hipótesis que dos muestras dependientes o independientes son distintas. La prueba t de Student puede extenderse al caso multivariado en el que varios mapas topográficos (con valores de voltaje) corresponden a diferentes puntos dentro de una

ventana en el tiempo. La prueba *t* de Student extendida se calcula como el estadístico *t* para cada punto en el tiempo dentro de la ventana analizada. Cada uno de estos estadísticos se combinan en un estadístico global llamado *tMax*. Éste es el máximo de los test *t* calculados entre los dos grupos de datos, para todos los puntos de tiempo (*tMax time*) y a través de todos los puntos de registro (*tMax deriv*). Posteriormente, se permutan los datos originales siguiendo un procedimiento de aleatorización en el cual las observaciones son intercambiadas de una condición experimental a otra, de modo que resulta una muestra permutada. Para cada muestra permutada, se calculan repetidamente los estadígrafos *t* y las *tMax*. A partir de *tMax*, *tMax time* y *tMax deriv*, que fueron calculadas en cada permutación, se forma una distribución empírica y se calcula la significancia exacta en valores *p*. La distribución estimada por la técnica de permutaciones para las *tMax* puede entonces ser usada para establecer niveles de significancia que controlen el error experimental para las comparaciones simultáneas univariadas. Entonces se pueden probar simultáneamente diferencias entre PREs para todos los puntos en una secuencia de instantes de tiempo ( y para todos los electrodos) y evitar que se infle el error tipo I (Blair y Karniski, 1994).

En este experimento, los PREs de canales múltiples fueron obtenidos bajo dos diferentes condiciones para cada sujeto en dos tareas distintas. La hipótesis nula de igualdad entre los valores promedio de los dos PREs puede ser descompuesta en la hipótesis marginal  $H_{0i}: \mu_{dtl} = \mu_{dtj}$ , donde  $\mu_{dtj}$  denota el valor promedio del PRE obtenido en el sitio de registro *d* en el punto de tiempo *t* bajo la condición experimental *j*. De este modo puede probarse la hipótesis nula en cualquier punto del tiempo y en cada derivación. Siendo la hipótesis nula la igualdad entre los valores promedio de dos PREs, el rechazo de la hipótesis nula implica que los PREs son significativamente distintos y por lo tanto, se considera que existe el componente buscado en la ventana temporal y en las derivaciones en las que se obtuvieron diferencias significativas.

Con esta técnica se compararon los subestados correspondientes a la violación y a su respectivo control de cada tipo de procesamiento estudiado (semántico y sintáctico), en la tarea de JSS y en la tarea de JSS + SMT, en ambos grupos experimentales.

Se analizaron los 20 registros electroencefalográficos de los niños. Se realizó la edición de cada uno de los registros, eliminando los segmentos con artefactos. Se eliminaron aquellos registros en los cuales los sujetos hubiesen obtenido menos del 60% de respuestas correctas si eran Lectores Deficientes, y menos del 75% si eran sujetos del grupo Control, y también los registros en los que no pudieran obtenerse suficientes segmentos (60%) libres de artefactos.

Se tomó como límite inferior de porcentaje de aciertos el 61%, debido a que esta cifra corresponde con el mínimo de aciertos aceptable para considerar que los sujetos no estuvieran contestando al azar. Para calcular el intervalo de número de respuestas correctas que se consideran como al azar, se procedió de la siguiente manera:

El intervalo de confianza para la proporción  $p$  de una población es:

$$p \pm Z_{(1-\alpha/2)} \sigma_p$$

Donde el error estándar es:

$$\sigma_p = \sqrt{p(1-p) / n}$$

El nivel de  $\alpha$  se establece como 0.05, y  $n$  es el número de respuestas totales posibles.

Si  $p=0.5$  (nivel de azar), entonces, se tiene:

$$0.5 \pm Z_{(1-\alpha/2)} \sqrt{0.5(1-0.5) / n}$$

Dado que  $\alpha=0.05$ , entonces tenemos que:

$$(1-\alpha/2) = (1-0.05/2) = 0.975$$

Los valores de  $Z$  se buscan en tablas.

$$Z_{(0.975)} = 1.96$$

El nivel de confianza para una proporción  $p$  de respuestas va desde:

$$p - Z_{(1-\alpha/2)} \sigma_p$$

hasta:

$$p + Z_{(1-\alpha/2)} \sigma_p$$

Entonces, el intervalo de confianza para  $p=0.5$  y un número máximo de respuestas de  $n=76$  tiene como límite inferior 0.3875 y como límite superior 0.6124. El intervalo, entonces, es (0.3875, 0.6124). Una vez que se obtuvo este intervalo, se calculó la proporción de

respuestas correctas para cada sujeto como: # de respuestas correctas /*n*, y si el número resultante caía en el intervalo de confianza encontrado, es porque el sujeto contestó al azar y por lo tanto fue excluido del estudio.

No. de respuestas	Proporción
28	.3684
29	.3815
30	.3947
36	.5
46	.6052
47	.6184
48	.6315

Intervalo:  
(0.3875, 0.6124)

**Tabla 1.** La proporción de respuestas correctas es calculada con base al número de respuestas del sujeto. En este ejemplo se muestran las proporciones correspondientes a los números de respuestas correctas entre 28 y 48. Los valores que se encuentran entre las flechas corresponden al rango de proporciones de respuestas dadas al azar. Puede verse que las puntuaciones por encima de 47 están fuera del intervalo de respuestas azarasas. Las respuestas por debajo del rango inferior (29 respuestas correctas), no son tomadas en cuenta porque no hubo sujetos que tuvieran un número tan bajo de respuestas correctas.

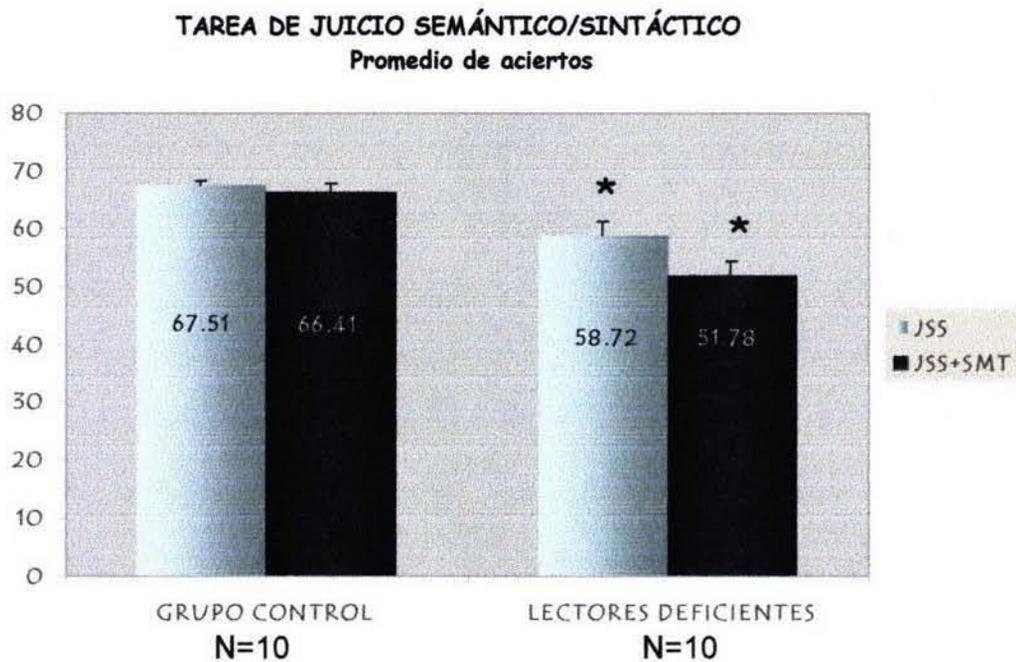
De acuerdo a este procedimiento, el intervalo de número de respuestas consideradas como al azar para la prueba de Juicio Semántico/Sintáctico oscila entre las 30 y las 46 respuestas correctas. Un sujeto que tenga un número de respuestas correctas entre estos límites contestó al azar. Cuarenta y seis respuestas correctas corresponden aproximadamente al 61% (60.52%) de respuestas correctas, por lo tanto, cualquier sujeto que tuviera 61% o menos, que es el mínimo aceptable, fue excluido del estudio por considerar que sus respuestas estuvieron dentro del rango del azar (ver Tabla 1).

En el caso de la prueba de memoria de trabajo se procedió de la misma manera, estableciendo  $p=0.5$  y teniendo una  $n=33$ . El intervalo de confianza resultante para la prueba de memoria de trabajo está entre las 11 y las 21 respuestas correctas, por lo tanto, el porcentaje límite de respuestas correctas para esta prueba es de 21 respuestas correctas, que corresponde al 65%.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 RESULTADOS CONDUCTUALES

A continuación se presentan los resultados conductuales de las pruebas realizadas. Para todas las pruebas estadísticas fue utilizado un nivel de confianza de 0.05.



**Figura 5.** En esta gráfica se muestran los promedios del número de aciertos obtenidos por el grupo Control (izquierda) y el grupo de Lectores Deficientes (derecha). Las barras claras corresponden a los aciertos obtenidos en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico. Las barras oscuras corresponden a la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de Trabajo. Las cifras que aparecen en medio de las barras corresponden al valor promedio del número de aciertos para el grupo.

Puede observarse en la Figura 5 así como en la Tabla 2 que el número de aciertos del grupo control es mayor que el número de aciertos del grupo de lectores deficientes. También puede verse que en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + sobrecarga de memoria de trabajo el número de aciertos promedio fue más bajo que en la tarea de JSS. El valor máximo de respuestas correctas en cada tarea fue de 76 (se tomó el promedio de las dos sesiones).

**Tabla 2.** Valores promedio del número de aciertos para cada grupo, así como el porcentaje de aciertos obtenido, la desviación y el error estándar para cada grupo.

GRUPO/TAREA	PROMEDIO DE ACIERTOS	PORCENTAJE DE ACIERTOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ERROR ESTÁNDAR
Control JSS	67.51	88.25%	2.47	0.78
Control JSS+SMT	66.41	86.81%	4.06	1.28
Lectores deficientes JSS	58.72	76.76%	7.75	2.45
Lectores Deficientes JSS+SMT	51.78	67.68%	8.46	2.67

Después de verificar que los datos fuesen normales, se les realizó una prueba estadística ANDEVA de dos vías, con un factor de medidas repetidas (Tarea) y un factor intersujetos (grupo Control vs. grupo de Lectores Deficientes). Ambos factores (Grupo y Tarea) tuvieron efectos significativos (Grupo:  $p= 0.0004$ ; Tarea:  $p= 0.000002$ ). La interacción entre ambos factores también tuvo efectos significativos ( $p=0.0001$ ).

Efectuando pruebas post-hoc se encontró lo siguiente:

En el grupo Control no hubo diferencias significativas entre Tareas (Scheffé:  $p> 0.6$ , Tukey:  $p>0.6$ ).

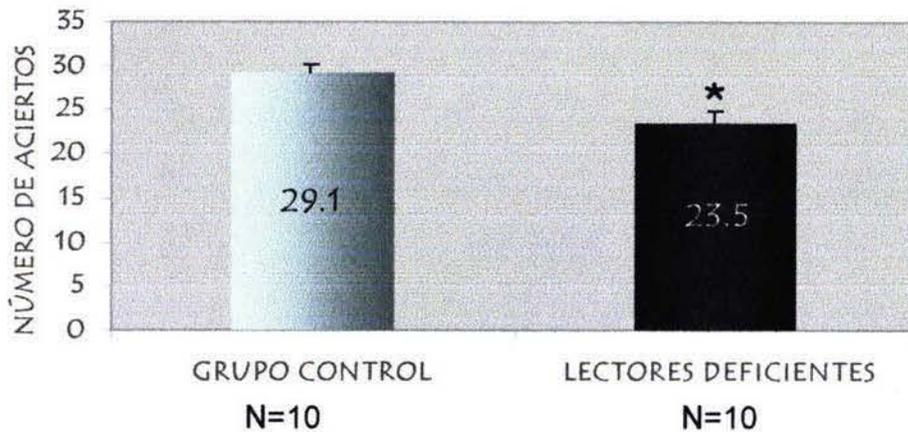
En el grupo de lectores deficientes se encontró que el número de respuestas correctas fue significativamente mayor en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico (JSS) que en la tarea de JSS + Sobrecarga de Memoria de Trabajo (SMT) (Scheffé:  $p< 0.0001$ , Tukey:  $p<0.0002$ ).

El grupo Control obtuvo un número de aciertos significativamente mayor que el grupo de Lectores Deficientes en la tarea de JSS (Scheffé:  $p< 0.0002$ , Tukey:  $p<0.0002$ ).

El grupo Control obtuvo un número significativamente mayor de aciertos que el grupo de Lectores Deficientes en la prueba de JSS + SMT (Scheffé:  $p<0.0001$ , Tukey:  $p<0.0002$ ).

El grupo Control, en la prueba de JSS + SMT, obtuvo un número significativamente mayor de aciertos que el grupo de Lectores Deficientes en la prueba de JSS (Scheffé:  $p<0.0001$ , Tukey:  $p<0.0002$ ).

## TAREA DE MEMORIA DE TRABAJO



**Figura 6.** Número de aciertos promedio que obtuvieron el grupo Control (barra clara) y el grupo de Lectores Deficientes (barra oscura) en la prueba de Memoria de trabajo. Las barras de error corresponden al error estándar. La cifra que aparece en medio de las barras corresponde al valor promedio del número de aciertos (el valor máximo es de 33).

En la tarea de memoria de trabajo, el número máximo de aciertos era de 33. Puede observarse (Figura 6, Tabla 3) que el grupo Control obtuvo mayor número de aciertos que el grupo de Lectores Deficientes.

**Tabla 3.** Valores promedio y porcentaje de aciertos obtenidos por cada grupo en la tarea extra de memoria de trabajo. También se muestran los valores de desviación y error estándar de cada grupo.

GRUPO	PROMEDIO	PORCENTAJE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ERROR ESTÁNDAR
CONTROL	29.1	89.7%	2.89	0.96
LECTORES DEFICIENTES	23.5	72.2%	4.11	1.37

Después de verificar la normalidad de los datos, se realizó una prueba T de student para probar que hubiese diferencias significativas entre ambos grupos.

Se encontró que el grupo Control ( $x = 29.1$ , D.E. = 2.89), obtuvo un número significativamente mayor de aciertos en esta tarea que el grupo de Lectores Deficientes ( $x = 23.4$ , D.E. = 4.11),  $t = 3.59$ ,  $p < 0.005$  (Figura 6).

## 7.2 RESULTADOS ELECTROFISIOLÓGICOS.

### 7.2.1 VIOLACIÓN SINTÁCTICA

Los potenciales finales se obtuvieron promediando los potenciales individuales de los 10 sujetos de cada grupo. Al analizarlos visualmente observamos lo siguiente:

**GRUPO CONTROL.** En la tarea de JSS, se presenta una positividad sostenida ante la violación sintáctica, como puede verse en la Figura 6 A. Esta positividad comienza aproximadamente a los 450 mseg después de la presentación de la palabra, y dura prácticamente hasta el final de la ventana. El componente se aprecia de manera más pronunciada en las derivaciones centrales y posteriores. La topografía y latencia de esta onda corresponden al componente P600 reportado en los adultos. También puede observarse un componente de polaridad negativa cuyo pico de máxima amplitud aparece a los 350 mseg. después de la presentación de la palabra *control*. Este componente puede apreciarse en derivaciones centrales y temporales, aunque en la figura sólo se muestran derivaciones centrales y parietales. Las características de esta onda corresponden con las reportadas para el componente N400.

En la tarea de JSS + SMT, se observó también una positividad ante la palabra con violación sintáctica, aunque en un menor número de derivaciones que en la tarea de JSS (Figura 6 B). El componente además comienza aproximadamente a los 600 mseg. Llama la atención también que en esta tarea, el componente casi no puede apreciarse en el hemisferio izquierdo, su amplitud es mayor en el hemisferio derecho. También en esta tarea aparece el componente N400 en respuesta a la palabra *control*.

**LECTORES DEFICIENTES.** En la tarea de JSS, en este grupo se presentó el componente P600 (Figura 7 C) en respuesta a las violaciones sintácticas de manera más tardía que en el grupo Control. Puede apreciarse que la positividad en las gráficas comienza 650 mseg después de la presentación de la palabra, y sólo es observable en las derivaciones del hemisferio derecho. Los potenciales de este mismo grupo en la tarea de JSS + SMT se muestran en la Figura 7 D. En estas gráficas no se observa el componente P600, el

potencial de la palabra con violación no es más positivo que el de la palabra control, por lo tanto no hay efecto P600.

### POTENCIALES VIOLACIÓN SINTÁCTICA

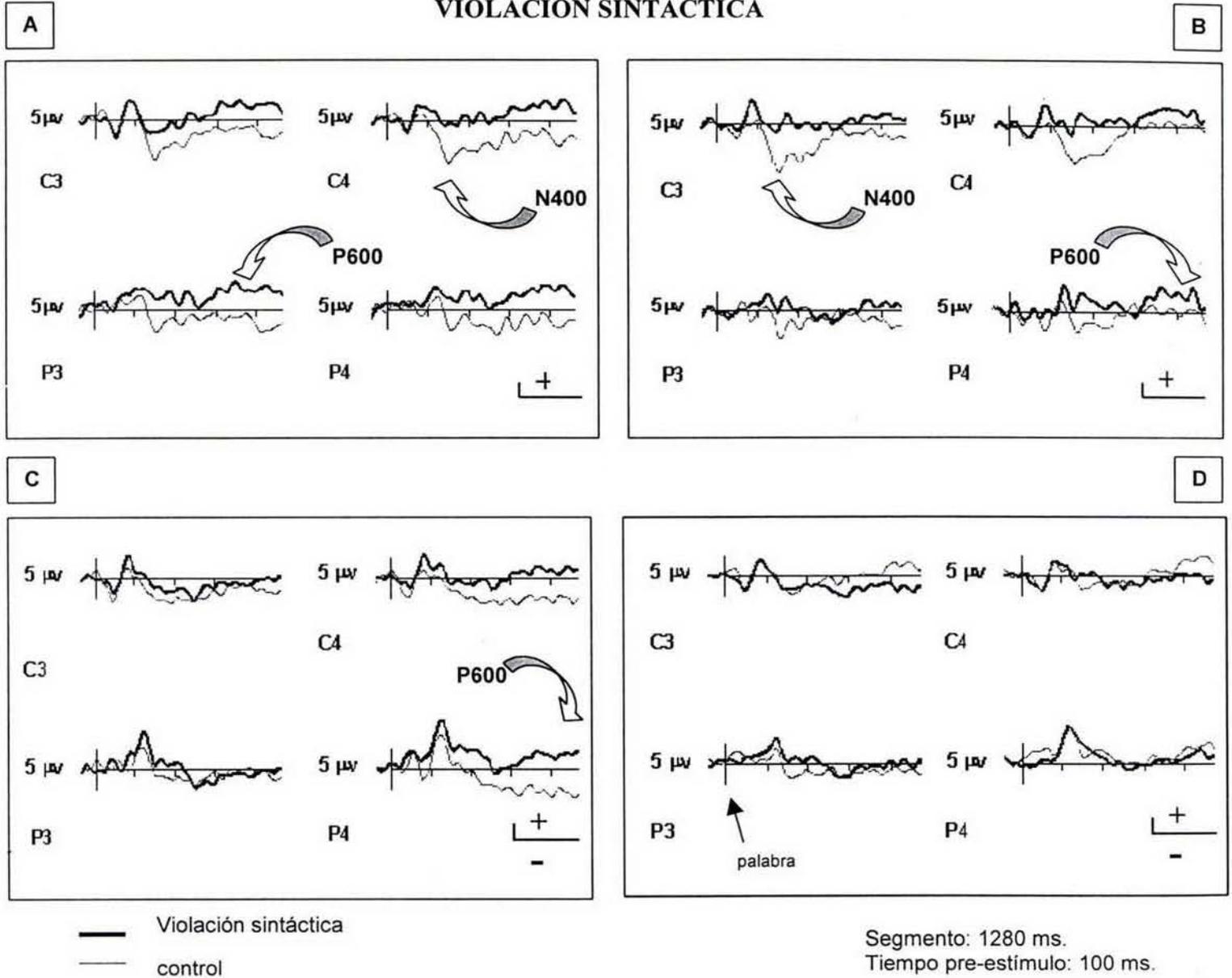


Figura 7. Grandes Promedios. Condición violación sintáctica.

A. Grupo Control. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico.

B. Grupo Control. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de trabajo.

C. Lectores Deficientes. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico.

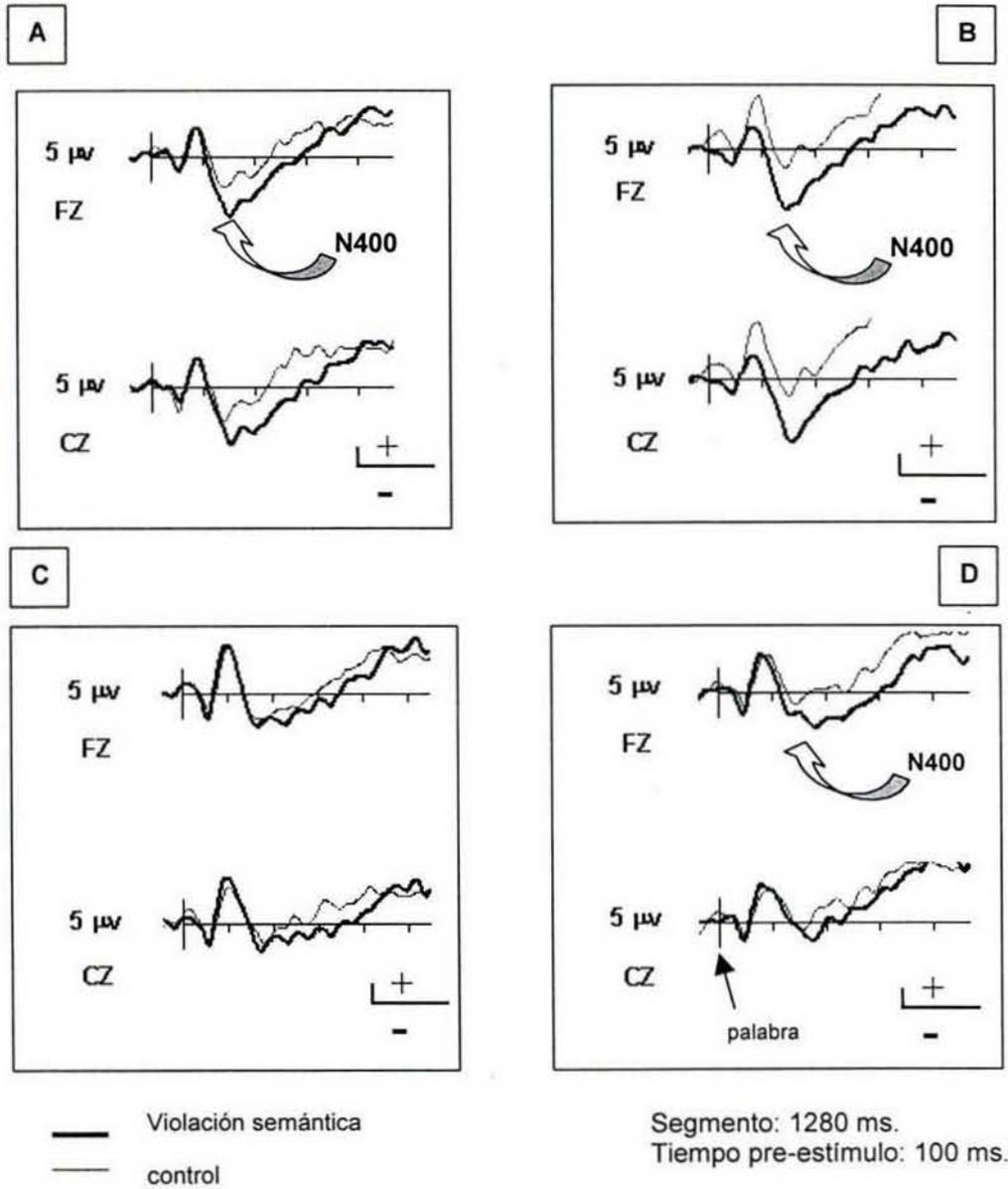
D. Lectores Deficientes. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de Trabajo.

### 7.2.2 VIOLACIÓN SEMÁNTICA

GRUPO CONTROL. En los potenciales del grupo Control, en la tarea de JSS (Figura 7 A), se aprecia un componente negativo cuyo pico de amplitud máxima está aproximadamente a los 350 mseg. Tomando en cuenta la manipulación experimental, las características de esta onda corresponden al componente N400. Está presente en los potenciales tanto de la palabra con violación semántica como de la palabra control, pero es de mayor amplitud en la palabra con violación semántica. En la figura sólo se muestran dos derivaciones de la línea media por ser en las que la diferencia entre los potenciales (de la palabra control y la palabra con violación semántica) se aprecian mejor. En la tarea de JSS + SMT en este mismo grupo (Figura 8 B), la diferencia entre los potenciales de la palabra control y la palabra con violación es mayor que en la tarea de JSS. El componente N400, entonces, tiene una mayor amplitud en esta tarea. Fue observado en las mismas derivaciones que en la tarea anterior.

En el grupo de Lectores Deficientes, en la tarea de JSS, prácticamente no se observan diferencias entre los potenciales de la palabra control y la palabra violación (Figura 8 C). Esto nos indica que no apareció el componente N400. Sin embargo, en los potenciales obtenidos en la segunda tarea por el grupo de Lectores deficientes (Figura 8 D), sí puede apreciarse el componente N400, pero con una menor amplitud que la registrada en el grupo Control.

## POTENCIALES VIOLACIÓN SEMÁNTICA



**Figura 8.** Grandes Promedios. Condición violación semántica.

A. Grupo Control. Tarea de Juicio Semántico/ Sintáctico.

B. Grupo Control. Tarea de Juicio Semántico/ Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de Trabajo.

C. Lectores Deficientes. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico.

D. Lectores Deficientes. Tarea de Juicio Semántico/Sintáctico + Sobrecarga de Memoria de Trabajo.

### 7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación se detallan los resultados obtenidos por el análisis de permutaciones. Se muestran los mapas de distribución de la probabilidad de que existan diferencias significativas entre la condición palabra con violación sintáctica y la palabra control. Los valores van del 0.1 al 0.0, siendo el valor que muestra mayor probabilidad de que las muestras sean diferentes el 0.0, en azul. Se considera que existen diferencias significativas cuando los valores de probabilidad se encuentran entre 0.00 y 0.05, que corresponden a los colores azul y rojo. Los mapas corresponden sólo a la ventana de tiempo analizada en cada caso.

#### 7.3.1 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES N400 Y P600 GRUPO CONTROL.

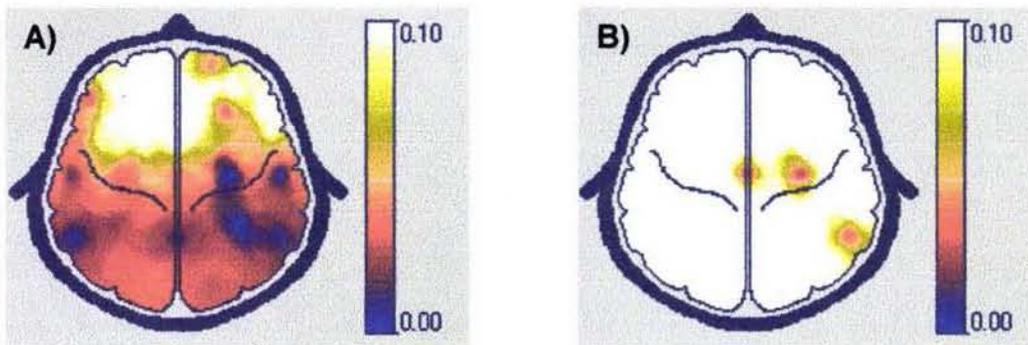


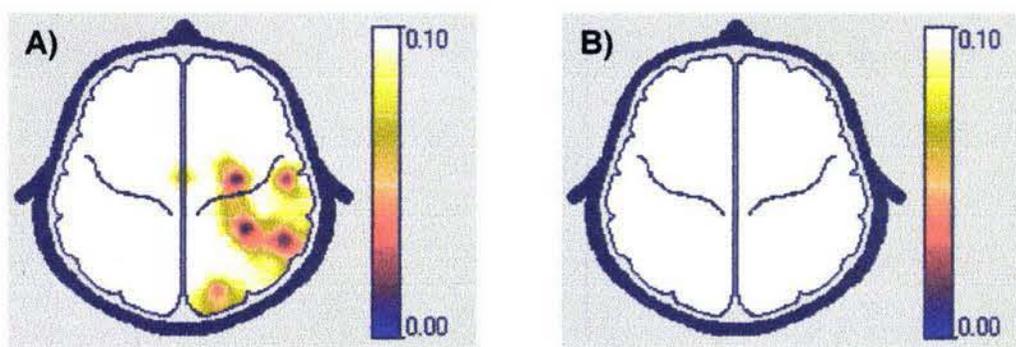
Figura 9.

<b>GRUPO:</b> Control	<b>GRUPO:</b> Control
<b>TAREA:</b> Juicio Semántico/Sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + Sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica	<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica
<b>VENTANA:</b> 600-900 mseg.	<b>VENTANA:</b> 550-600 y 900-950mseg.
<b>DERIVACIONES:</b> F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, T3, T4, T5, T6, CZ, PZ.	<b>DERIVACIONES:</b> C4, P4, T6.

En la Figura 9 se muestran los mapas de distribución de la probabilidad de aparición del efecto P600 en el grupo Control. Estos mapas se calcularon tomando en cuenta los

resultados de la prueba de permutaciones, por lo que lo que se muestra en el mapa es la zona donde es mayor la probabilidad de que las dos condiciones sean distintas. La escala de significancia va del 0.1 al 0.0, siendo 0.0 el valor más significativo. Entonces, las zonas azules representan la distribución topográfica donde se encontraron diferencias significativas en la ventana correspondiente a la P600. En **A)** se puede ver la distribución encontrada en la tarea de JSS. La distribución es centro parietal aunque tiende a lateralizarse hacia el hemisferio derecho. En **B)** se muestra la distribución obtenida en la tarea de JSS + SMT. El área de diferencias significativas disminuye, pero se encuentra la misma lateralización hacia el hemisferio derecho que en la prueba anterior.

### LECTORES DEFICIENTES



**Figura 10.**

<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes	<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes
<b>TAREA:</b> Juicio Semántico/Sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + Sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica	<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica
<b>VENTANA:</b> 770-900 mseg.	<b>VENTANA:</b> No se observan diferencias
<b>DERIVACIONES:</b> C4, P4, T6, O2.	<b>DERIVACIONES:</b> No se observan diferencias

En las imágenes de la Figura 10 se muestran los mapas de distribución de la probabilidad de aparición del efecto P600 en el grupo de Lectores Deficientes. Los mapas mostrados

corresponden sólo a la ventana en la que las diferencias entre los potenciales obtenidos por la violación sintáctica y su control resultaron significativas. En **A)** podemos ver el mapa de distribución de efecto P600 en la tarea de JSS. Puede observarse una distribución posterior lateralizada hacia el hemisferio derecho. El área significativa no es tan amplia como en el grupo Control. En **B)** se muestra el mapa correspondiente a la tarea de JSS + SMT, en la cual no se encontró efecto P600.

### GRUPO CONTROL

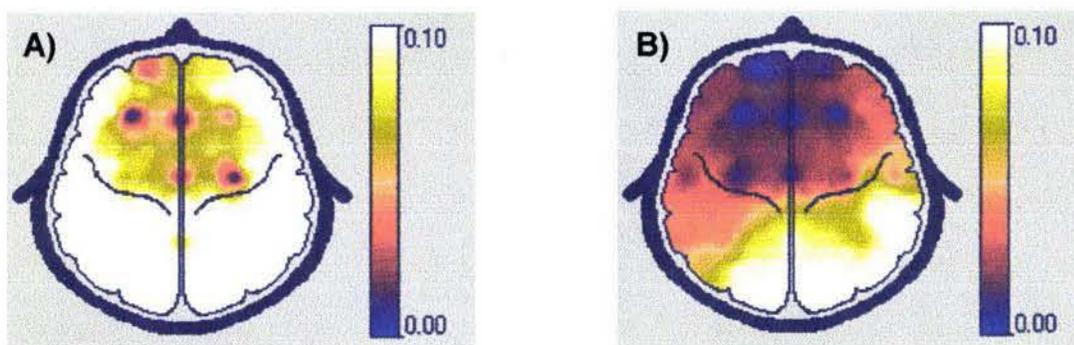


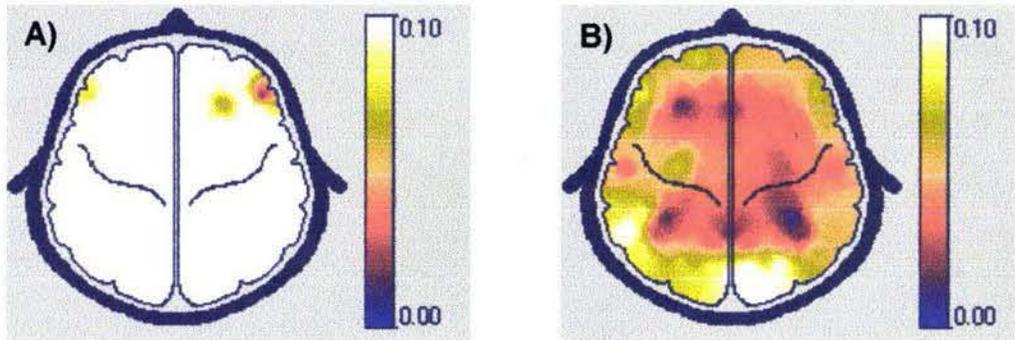
Figura 11.

<b>GRUPO:</b> Control	<b>GRUPO:</b> Control
<b>TAREA:</b> Juicio Semántico/Sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + Sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación semántica	<b>CONDICIÓN:</b> Violación semántica
<b>VENTANA:</b> 350-450 mseg.	<b>VENTANA:</b> 300-500 mseg.
<b>PICO MÁXIMO:</b> 370 mseg.	<b>PICO MÁXIMO:</b> 400 mseg.
<b>DERIVACIONES:</b> Fp1, F3, F4, C4, FZ, CZ.	<b>DERIVACIONES:</b> Fp2, F3, F4, C3, C4, F7, F8, FZ, CZ.

En la Figura 11 se muestran los mapas de distribución de la probabilidad de las diferencias entre los potenciales registrados en la condición de violación semántica y su control (correspondiente al efecto N400). Los mapas se obtuvieron tomando en cuenta la ventana correspondiente a la N400. En **A)** se observa el mapa de distribución obtenido en el grupo Control en la tarea de JSS. Se puede notar una distribución fronto-central.

El mapa mostrado en **B)** corresponde a la tarea de JSS + SMT. Se observa una distribución parecida a la de la tarea anterior aunque aumentan las áreas de diferencias significativas.

**LECTORES DEFICIENTES**



**Figura 12.**

<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes	<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes
<b>TAREA:</b> Juicio Semántico/Sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + Sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación semántica	<b>CONDICIÓN:</b> Violación semántica
<b>VENTANA:</b> No se observan diferencias	<b>VENTANA:</b> 420-490
<b>PICO MÁXIMO:</b> No se observa.	<b>PICO MÁXIMO:</b> 480 mseg.
<b>DERIVACIONES:</b> No se observan.	<b>DERIVACIONES:</b> F3, P3, P4, T3, FZ, PZ.

En la Figura 12 se muestran los mapas de distribución de probabilidad calculados para la condición de violación semántica vs. su control en el grupo de Lectores Deficientes. Los mapas corresponden a la distribución en la que fue encontrado el efecto N400. En **A)** se muestra el mapa correspondiente a la tarea de JSS, en la cual no se encontraron diferencias significativas. En **B)** se muestra el mapa que se obtuvo en la tarea de JSS + SMT, en el cual se observa el efecto N400 de manera distribuida y no lateralizada.

### 7.3.2 ANÁLISIS DEL COMPONENTE N400 OBSERVADO EN LAS ORACIONES CONTROL (CONDICION VIOLACION SINTÁCTICA).

Al momento de comparar la condición violación sintáctica contra su control, se encontró la existencia de un componente negativo aproximadamente a los 400 mseg después de la presentación de la palabra control (ver Figura 6 A). Este resultado es al parecer, contradictorio pues la palabra que debía producir componentes negativos (LAN) era la palabra con violación, sin embargo, fue la palabra control la que produjo un componente con las características de la N400. La palabra control es un sustantivo en todas las oraciones presentadas.

En el caso específico de este experimento, las palabras control y violación en la condición de sintaxis son de distintos tipos, ya que la palabra en la que se introducía el error sintáctico era siempre una palabra de las llamadas función o “cerradas”. Ejemplo:

- *A Luis le gustan los acerca\* libros de fantasmas.* (violación sintáctica)
- *A Luis le gustan los libros\*\* acerca de fantasmas.* (control)

\* Esta es una palabra función y tiene un error sintáctico.

\*\* Esta palabra es un sustantivo y está correcta dentro de la estructura de la oración.

Los potenciales registrados de las palabras “acerca” (cerradas) y “libros” (abiertas) son los que fueron comparados al hacer el análisis visual de los potenciales, y se observó que ante la palabra “libros” se registra una mayor negatividad que ante la palabra “acerca”. La negatividad producida por las palabras abiertas localizadas a la mitad de la oración fue analizada estadísticamente para probar la existencia del componente negativo (identificado como el componente N400). La presencia de este componente a mitad de la oración hizo posible hacer un análisis estadístico con el objetivo de probar la hipótesis original de que la sobrecarga de memoria de trabajo interferiría con el proceso subyacente al componente N400. El componente N400 registrado ante las violaciones semánticas no siguió el mismo patrón que el observado en el componente P600, pues al parecer fue afectado por la

atención en la tarea de sobrecarga de memoria de trabajo (este fenómeno será abordado en detalle en la discusión). Pero el componente N400 registrado ante los sustantivos en las oraciones control no fue afectado por la atención, ya que los sustantivos que lo produjeron están situados en medio de la oración.

### GRUPO CONTROL

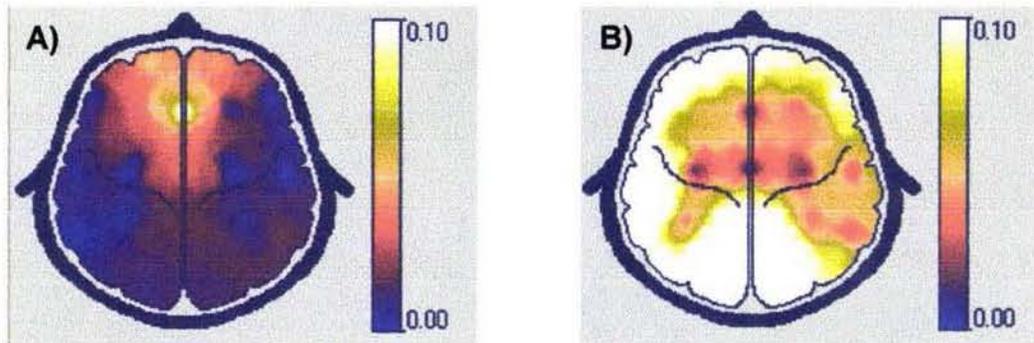


Figura 13.

<b>GRUPO:</b> Control	<b>GRUPO:</b> Control
<b>TAREA:</b> Juicio Semántico/Sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + Sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica vs. Control	<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica vs. Control
<b>VENTANA:</b> 330-415 mseg.	<b>VENTANA:</b> 375-480 mseg.
<b>PICO MÁXIMO:</b> 370 mseg.	<b>PICO MÁXIMO:</b> 420 mseg.
<b>DERIVACIONES:</b> F3, F4 , C3, C4,P3,P4,O1, F7, F8, T3, T4, T5, T6, CZ, PZ.	<b>DERIVACIONES:</b> C3, C4, P4, T4, T6, FZ, CZ.

En los mapas de la Figura 13 se muestra la distribución de la probabilidad de existencia de diferencias significativas encontradas entre la palabra control y la violación sintáctica correspondiente a la ventana de análisis de la N400. Cabe aclarar que la mayor amplitud del componente N400 corresponde a la palabra control. En **A)** se muestra la distribución de las diferencias significativas encontradas en la tarea de JSS en el grupo Control. En **B)** se

muestra la distribución de la probabilidad encontrada en la tarea de JSS + SMT. El área de diferencias significativas es menor que en la tarea anterior.

### GRUPO DE LECTORES DEFICIENTES

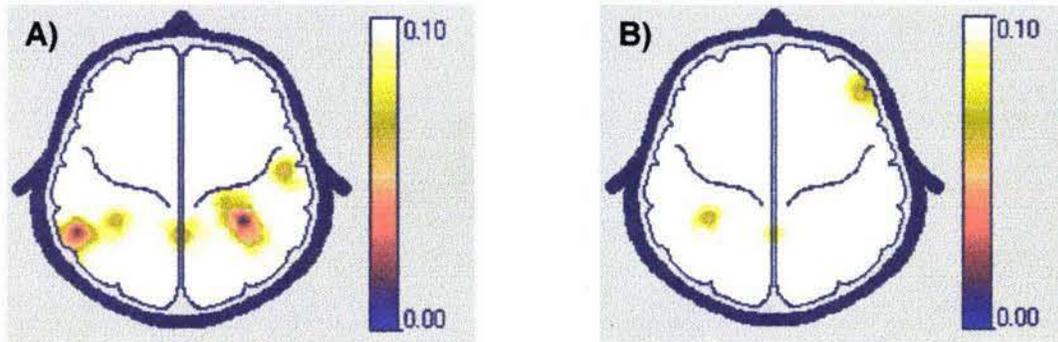


Figura 14.

<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes	<b>GRUPO:</b> Lectores Deficientes
<b>TAREA:</b> Juicio semántico/sintáctico	<b>TAREA:</b> JSS + sobrecarga de MT
<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica vs. Control	<b>CONDICIÓN:</b> Violación sintáctica vs. Control
<b>VENTANA:</b> 420-450 y 480-490 mseg.	<b>VENTANA:</b> No se observa
<b>PICO MÁXIMO:</b> No se observa	<b>PICO MÁXIMO:</b> No se observa
<b>DERIVACIONES:</b> P4, T5.	<b>DERIVACIONES:</b> No se observan

En la Figura 14 se muestran los mapas de probabilidad correspondientes a las diferencias significativas encontradas entre la palabra control y la violación sintáctica en el grupo de Lectores Deficientes. Como en el grupo anterior, la mayor amplitud del componente N400 corresponde a la palabra control. En **A)** se observa que sólo hubo diferencias significativas entre las dos condiciones antes mencionadas en dos derivaciones (P4 y T5), lo que da un área de significación mucho menor que en el grupo Control en la misma tarea. En **B)** no se encontró ninguna diferencia significativa.

## 8. DISCUSIÓN

El propósito del presente trabajo fue el de investigar los efectos de la sobrecarga de memoria de trabajo en niños con deficiencias en la lectura así como en niños normales. En distintos trabajos se ha observado que los niños con deficiencias en la lectura tienen una mala ejecución en tareas que involucran memoria de trabajo en comparación con niños normales de su misma edad (Daneman y Carpenter, 1983; Swanson, 1992), a pesar de que la mayoría de estos estudios no distinguen claramente si sus sujetos son disléxicos o lectores deficientes. Swanson (1993), propuso que las fallas en la memoria de trabajo son observables cuando ésta se sobrecarga, ya que debido a deficiencias en el ejecutivo central, esta sobrecarga no puede ser compensada. Torgesen y Goodman (1977, citado en Bernal y cols., 2000), han propuesto que muchos de los déficits en la ejecución presentada por los niños con deficiencias en la lectura pueden deberse a un fracaso para adoptar estrategias eficientes durante el proceso de la lectura. Por esta razón los niños tienden a ser pasivos e ineficientes en la tarea de la lectura. El paradigma utilizado en este estudio tiene como objetivo sobrecargar la memoria de trabajo (durante la lectura) con el fin de que afloren las deficiencias en este sistema.

### RESULTADOS CONDUCTUALES

Los resultados conductuales obtenidos en este trabajo son congruentes con lo reportado anteriormente. En la prueba de memoria de trabajo (decidir si la palabra aislada pertenece o no a las palabras finales de las oraciones presentadas anteriormente), el grupo de Lectores Deficientes mostró tener menor número de aciertos que el grupo Control (Figura 5), lo que apoya la teoría de que los Lectores Deficientes tienen una baja capacidad de memoria de trabajo. En la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico, el grupo control no mostró deficiencias en su ejecución al sobrecargar la memoria de trabajo. Esto muestra que los buenos lectores tienen una capacidad de memoria de trabajo que les permite llevar a cabo dos tareas al mismo tiempo.

En el grupo de Lectores Deficientes, en cambio, la ejecución disminuye significativamente al sobrecargar la memoria de trabajo. Esto nos indica que su deficiencia les impide llevar a

cabo de manera exitosa dos tareas al mismo tiempo, de modo que tienen más fallas. Sin embargo, tanto en la tarea de memoria de trabajo como en las pruebas de Juicio Semántico/Sintáctico, los lectores deficientes lograron obtener un porcentaje de aciertos superior al azar (Tabla 1).

Tanto en la tarea de JSS en la que no se sobrecarga la memoria de trabajo, como en la de JSS + MT, el grupo de Lectores Deficientes mostró una ejecución significativamente más pobre que la del grupo Control. Estos resultados indican que la menor capacidad de memoria de trabajo de los Lectores Deficientes ocasiona un desempeño más pobre en cualquier tarea que requiera el uso de dicho sistema de memoria, como es la lectura. Por tanto, el desempeño de los Lectores Deficientes tenderá a ser más bajo en pruebas de lectura aunque su sistema de memoria no sea sobrecargado. Incluso si comparamos el desempeño del grupo control en la tarea de JSS+ SMT contra el desempeño del grupo de Lectores Deficientes en la tarea de JSS, encontramos que es más bajo el número de aciertos del grupo de lectores deficientes, a pesar de que no se está sobrecargando su memoria de trabajo. Este resultado indica que aún a pesar de que se sobrecargue la memoria de trabajo del grupo Control, estos niños son capaces de obtener mejores resultados que el grupo de Lectores Deficientes, cuyo sistema tiene una deficiencia central (Swanson, 1993).

La diferencia más grande se observó entre el grupo Control en la tarea de JSS y el grupo de Lectores Deficientes en la tarea de JSS + SMT. Este resultado es congruente con lo esperado, pues el objetivo principal del trabajo era determinar el efecto de la sobrecarga de MT en los Lectores Deficientes. Si los Lectores Deficientes muestran un desempeño más pobre que los controles aún cuando no se sobrecargue la MT, cuando ésta se sobrecarga el desempeño disminuye todavía más.

## RESULTADOS ELECTROFISIOLÓGICOS.

### ELAN Y LAN

De los componentes buscados en este trabajo, no se encontraron los componentes tempranos ELAN y LAN en los promedios de grupo, por lo que con este trabajo no puede probarse la hipótesis de que los componentes tempranos no son afectados por la sobrecarga en la memoria de trabajo. Algunos autores (Gunter, Friederici y Hahne, 1999), han sugerido que la dificultad en obtener componentes sintácticos tempranos consistentes en los estudios puede depender de un solapamiento parcial con componentes exógenos provocados por las características físicas del estímulo lingüístico (como el contraste visual de las palabras). Según algunos autores, otro parámetro físico relevante que dificulta la identificación de los componentes tempranos es la longitud de las palabras. Entonces, si la muestra de palabras seleccionadas como estímulo en un experimento tienen una gran variabilidad en longitud, cualquier proceso lingüístico temprano (como la detección de un error sintáctico), podría ser desestimado debido al desfase de la onda de los componentes ELAN y/o LAN a lo largo de los estímulos de la prueba (Osterhout, 1997). Sin embargo, en este experimento las variaciones de longitud entre las palabras utilizadas no eran muy grandes por lo que no puede atribuirse la ausencia de componentes sintácticos tempranos a este fenómeno. Por otra parte, en estudios llevados a cabo con oraciones presentadas visualmente en los que no se toma en cuenta la variabilidad en longitud de las palabras aparecen LAN o ELAN, y también aparecen utilizando las oraciones presentadas auditivamente (Hahne y Friederici, 2002). Se ha descrito una Negatividad Temprana Anterior en respuesta a las palabras denominadas “función” o “cerradas” (pronombres, artículos), que ha sido identificada como LAN por diversos autores (King y Kutas, 1995; Neville y cols., 1992), pero recientemente se ha puesto en duda la relación de este componente con procesos cognitivos. En un experimento realizado por Osterhout y cols. (2002), se demostró que es la longitud de las palabras lo que influye en esa negatividad temprana y no diferencias cualitativas en cuanto a su función lingüística. Sus resultados indican que la negatividad está inversamente relacionada con el tamaño de la palabra. Ya que las palabras función son siempre de menor longitud que los sustantivos, producen una negatividad mayor que se observa sobre todo en

regiones frontales y por tanto podría ser confundida con el componente LAN. Este fenómeno se daría porque a pesar de que se haga una edición estricta del registro, los movimientos oculares producidos al leer palabras largas modifican los potenciales, y dicho movimiento le da a todo el potencial registrado en relación con la presentación de esa palabra una mayor positividad mientras más longitud tenga la palabra. Por otra parte, los componentes tempranos ELAN y LAN no han sido descritos en poblaciones infantiles, por lo que existe la posibilidad de que el patrón de los componentes tempranos debidos a una violación sintáctica sea distinto que en los adultos. En un estudio que se está llevado a cabo por Prieto-Corona y cols. (2002), tampoco se encontraron estos componentes en niños de las mismas edades que en este estudio.

## P600

El otro componente de análisis sintáctico, P600, tuvo los resultados esperados en el grupo Control, se generó una onda de polaridad positiva alrededor de los 500 msec que se sostiene hasta aproximadamente los 900 msec en respuesta a los errores de tipo sintáctico en la tarea de Juicio semántico/sintáctico (Figura 7 A). El componente se presenta en las derivaciones correspondientes a una topografía centro-parietal, aunque tiende a lateralizarse hacia el hemisferio derecho (Figura 9 A). Esto es congruente con los resultados de investigaciones clásicas comenzadas por Osterhout y Holcomb (1993), quienes describieron y nombraron a la P600 en 1993 y que fueron respaldadas por otros investigadores en distintos idiomas (Neville y cols., 1991; Friederici y cols., 1996; Coulson y cols., 1998; Angrilli y cols., 2002). En cuanto a la prueba de JSS + SMT, en el grupo Control se observó que la diferencia entre la violación sintáctica y su control es estadísticamente significativa sólo en tres derivaciones (C4, P4 y T6, Figura 9 B), lo que indica que no existe un efecto generalizado P600 en la tarea de JSS + SMT en el grupo Control, aunque es posible observar la onda en las gráficas de los potenciales (Figura 6 B). Este resultado es congruente con la hipótesis planteada, el componente P600 es afectado por la sobrecarga en la memoria de trabajo, debido a que es un componente tardío que no es automático sino controlado y que implica un procesamiento en el cual se reactualiza la memoria de trabajo. Según algunos investigadores (Canseco-González y cols., 1997; Friederici y cols., 2001)

este componente refleja una reinterpretación del enunciado una vez que el sujeto ha notado un error en él. Dicha reinterpretación podría implicar otros procesos además del puramente sintáctico. Gunter y cols. (1997) también encontraron que el componente P600 es sensible a sobrecargas en la memoria de trabajo y además interfiere con la N400, cosa que no pasa con los componentes sintácticos tempranos. Por las razones antes mencionadas, estos autores argumentan que el componente P600 refleja un proceso en el que tienen que ver tanto aspectos semánticos como sintácticos. Llama la atención que el componente P600 tenga una disminución en la tarea de JSS + SMT en el grupo control a pesar de que en los resultados conductuales el número de aciertos de la tarea JSS + SMT no muestra la misma disminución. El componente P600 no es considerado un reflejo de la detección del error sintáctico, sino de un proceso de reinterpretación o reanálisis. Entonces, cabe la posibilidad de que, en la tarea de JSS + SMT, el sistema de memoria de trabajo permita a los sujetos detectar el error sintáctico pero no sea capaz de llevar a cabo de manera eficiente el proceso de reanálisis.

En el grupo de Lectores Deficientes, en la tarea de JSS se encontraron diferencias significativas en un menor número de derivaciones que en el grupo Control (C4, P4, T6, O2, figura 10 A) entre la palabra control y la palabra con violación sintáctica, y la ventana de diferencias significativas es más tardía (750-900 mseg). Estos resultados apoyan la hipótesis de que la baja capacidad de memoria de trabajo de los Lectores Deficientes interferiría con el proceso que subyace a la P600, que refleja una reactualización de la memoria de trabajo. Esta hipótesis se ve reforzada al analizar la condición de violación sintáctica en la tarea de JSS + SMT, pues no encontramos diferencias significativas entre la palabra control y la violación sintáctica en ningún sector de la ventana de registro (Figura 10 B). Este resultado nos indica que dado que el sistema de memoria de trabajo se sobrecargó, y los Lectores Deficientes ya de por sí tienen una baja capacidad de memoria, al pedirles que lleven a cabo una tarea que implica la utilización de recursos de este mismo sistema, los sujetos no pueden llevarla a cabo con éxito, dando como resultado un bloqueo casi total del proceso de reactualización reflejado en la P600. Sin embargo, este bloqueo no implica que los niños no sean capaces de identificar el error sintáctico, ya que llevan a cabo la tarea de JSS + SMT con relativo éxito (obtuvieron un porcentaje de aciertos superior al

obtenido por azar). Este resultado podría indicar que el niño sí detecta el error (aunque no sea posible observar este proceso en los potenciales) pero no lleva a cabo el proceso de reanálisis y por lo tanto no comprende la oración que está leyendo. Esta posibilidad existe ya que en el transcurso del experimento no tenemos manera de saber si los niños comprendieron lo leído, sólo les pedimos que nos informen si notan un error en las oraciones. Por lo tanto, el hecho de no obtener diferencias significativas en los componentes de los PRE, no significa que no se lleve a cabo el proceso de identificación del error.

El componente P600 presentó la topografía esperada, excepto por una cosa: se lateralizó hacia el hemisferio derecho (Figuras 9 y 10). Por mucho tiempo se ha supuesto que el lenguaje está lateralizado en el hemisferio cerebral izquierdo. Si bien este supuesto es un hecho significativo, tiene sus límites. Hoy es evidente que la lateralización izquierda no es algo definitivo antes de los nueve o diez años de edad. Hay evidencias de las que se desprende el hecho de que en los niños el hemisferio derecho tiene mucha mayor participación en el lenguaje que en los adultos (Marcos, 1998).

#### N400

El análisis del componente N400, presentó resultados contrarios a lo esperado originalmente. En el grupo Control, en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico este componente es significativo en una ventana de 350-450 msec en derivaciones correspondientes a una topografía frontal y central (Figura 11 A), sin embargo, en la tarea de JSS + SMT las diferencias entre la violación semántica y la palabra control en la ventana correspondiente a N400 son significativas en la ventana analizada de 300 a 500 msec (Figura 11 B) y la negatividad en relación con la violación se sostiene por algunos cientos de milisegundos (figura 8 B). La topografía de N400 en la tarea de sobrecarga de MT es similar a la encontrada en la prueba de JSS pero el número de derivaciones en las que se encuentran diferencias significativas es mayor en esta prueba. Este resultado aparentemente contradice lo esperado, pues en otros estudios se había encontrado una tendencia de la N400 a disminuir en amplitud al sobrecargar la memoria de trabajo (Gunter y cols., 1995).

Pero a pesar de ello, la explicación del resultado obtenido en este estudio podría ser muy sencilla. Una posibilidad que podría explicar el efecto encontrado en este componente se basa en el hecho de que la tarea de JSS es más sencilla que la de sobrecarga de memoria de trabajo. Algunos estudios (Gunter y cols., 1995) demuestran que mientras mejor lee el sujeto y tiene más edad, tiende a utilizar menos el contexto semántico, por lo que el efecto N400 va desapareciendo. Sería posible, entonces, que en la tarea más sencilla los sujetos del grupo control, que leen bien, tengan una disminución del efecto N400. También podría decirse que conforme el lector se va haciendo más experto, el proceso de identificación e integración semántica va convirtiéndose en un proceso *automático*, por lo que requiere la utilización de menos recursos de la memoria de trabajo. Esto explicaría la disminución del componente N400 en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico, que es más sencilla. Sin embargo, en este caso particular esta explicación no resulta adecuada. En el grupo de Lectores Deficientes no se produce el efecto N400 en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico, a pesar de que es la tarea más sencilla, y en los lectores Control sí lo encontramos. Esto no es congruente con la explicación de Gunter y cols. (1995), porque el grupo de Lectores Deficientes es menos experto que el grupo Control, así que no podemos atribuir la disminución del componente N400 a una mejor capacidad lectora. De modo que, en este caso, la explicación que parece más plausible es la siguiente: en la tarea de sobrecarga de memoria de trabajo se les pide a los participantes que pongan atención en las palabras finales de cada oración pues tendrán que recordarlas para posteriormente verificar si la palabra aislada que se les presenta después de dos o tres oraciones es una de las palabras que el niño estaba reteniendo en la memoria. La ejecución de esta prueba implica, entonces, que el niño enfoque su atención a las palabras semánticamente anómalas, pues éstas palabras se colocaron al final de los enunciados. Hay varias evidencias que prueban que el componente N400 puede ser afectado por manipulaciones tales como la atención. McCarthy y Nobre (1993) encontraron que la atención puede modular la N400, pues las palabras que son atendidas tienden a mostrar un incremento en la N400 mientras que las palabras no atendidas muestran una disminución del componente. Los autores concluyeron que la N400 no es producida automáticamente ante la presentación de una palabra, por lo que puede ser modulada por la atención. Otros autores, como Holcomb (1988) han argumentado que la N400 no sólo refleja un proceso automático sino también un proceso

controlado. En sus resultados al manipular la proporción de pares relacionados en una tarea de decisión léxica, este autor encontró que en la tarea de baja proporción de pares relacionados el efecto N400 disminuye y casi desaparece ya que el sujeto “espera” que los estímulos que se le presenten sean pares no relacionados. Silva-Pereyra y cols. (1999), también exploraron los procesos controlados de la N400, y encontraron que este componente disminuye si se elimina el uso de estrategias por parte de los sujetos. Estos resultados demuestran que el componente N400 es en parte controlado y es sensible a las estrategias de los sujetos. Hahne y Friederici (2002) por su parte, encontraron que al combinar violaciones sintácticas y semánticas al mismo tiempo en una oración sólo se presentaban los componentes relacionados con el procesamiento sintáctico y no con el semántico. Sin embargo, al pedirles explícitamente que ignoraran los errores sintácticos y sólo hicieran el juicio semántico sí aparece el componente N400. Los autores concluyen, que este componente es sensible a la atención y por ende no es automático, sino que es susceptible a estrategias conscientes por parte del sujeto. En el presente experimento, al pedirles a los sujetos que llevaran a cabo la tarea de sobrecarga de memoria de trabajo se les indicó que pusieran “mucho atención” a las palabras finales, pues tendrían que retenerlas en la memoria. Esta indicación cambió el foco atencional de los niños hacia el final de la oración, haciendo, por añadidura, que atendieran más a las violaciones semánticas ya que se encontraban en esta posición dentro de la oración. Al desviar el foco atencional también se desvió la utilización de los recursos limitados de la memoria de trabajo, pues este sistema requiere de la atención del sujeto hacia la tarea que está llevando a cabo. Por lo tanto, al pedir al niño que utilizara más recursos en atender al final de la oración no sólo disminuyó la amplitud del componente P600, sino que afectó la amplitud del componente N400, aumentándola.

En el grupo de Lectores Deficientes no se observan diferencias significativas entre la condición control y el error semántico en la tarea de Juicio Semántico/Sintáctico (Figura 12 A). Esto es congruente con los resultados obtenidos en la Batería para evaluar los Trastornos en la Lectura (BTL), pues estos niños demostraron tener peores puntajes en las pruebas de nominación de figuras, lo cual es interpretado como una posible ineficiencia del proceso de búsqueda de los significados en la memoria semántica, lo cual pudiera estar

asociado a una pobreza de vocabulario. Los padres de los niños clasificados como Lectores Deficientes reportan que, dado que los niños tienen dificultad para leer, no lo hacen con frecuencia, lo cual tiene como resultado que su vocabulario sea pobre. Esta podría ser la explicación de la ausencia de efecto N400 en este grupo en esta tarea, pues si el niño no conoce el significado de muchas palabras, no puede notar de manera rápida y eficiente que una palabra es semánticamente incorrecta en el contexto del enunciado. Además, este resultado también es congruente con la hipótesis de las deficiencias en la memoria de trabajo de estos niños, pues requieren el uso de este sistema para integrar semánticamente la palabra al contexto de la oración. En la tarea de JSS + sobrecarga de MT sí encontramos el componente N400 en una distribución central, aunque en una ventana más tardía que en el grupo Control (Figura 12 B). Esto indica que en estos niños el hecho de desviar el foco atencional hacia el final de la oración tuvo el mismo efecto que en los niños del grupo Control, logrando que notaran de manera más eficiente el error semántico, aunque al parecer tardan un poco más de tiempo en hacerlo, como lo indica el retraso en la latencia del inicio y del pico de máxima amplitud (ver análisis estadísticos) del componente N400 en esta tarea. En estudios previos en lectores deficientes se han descrito menores amplitudes respecto al grupo control en el componente N400 utilizando tareas de reconocimiento de palabras (Stelmack y cols., 1988). Los autores explican estos resultados diciendo que una menor amplitud en la N400 en los lectores deficientes no puede deberse a un retraso en la maduración, ya que conforme avanza la edad, la N400 reduce su amplitud, no la aumenta (Courchesne, 1983). Stelmack y cols. dan como explicación que los buenos lectores tienen un lexicón (vocabulario) más amplio que los lectores deficientes y por lo tanto hacen una evaluación semántica más extensiva que éstos. El grado del trastorno de la lectura también es un factor importante al analizar los resultados obtenidos en estudios acerca de la N400. En estudios de lectura de oraciones con violaciones semánticas en los que participaron niños (Neville y cols., 1993) o adultos (Robichon y cols., 2002) con dislexia, se han descrito mayores amplitudes en el componente N400. Sin embargo, éste componente es mayor tanto en las palabras congruentes como en las incongruentes. Neville y cols., argumentan que la amplitud del componente N400 en niños con dislexia y trastornos del lenguaje se debe a que hacen un mayor esfuerzo al integrar las palabras al contexto de la oración, ya que hacen un mayor uso del contexto para entender la palabra.

Este mayor esfuerzo se debería a que los niños con dislexia o con trastornos del lenguaje tienen fallas en procesamientos visuales y auditivos, que son anteriores al semántico.

A pesar de que las condiciones experimentales originales no hicieron posible la comprobación de la hipótesis original acerca de la interferencia de la sobrecarga de memoria de trabajo en el proceso de integración semántica reflejada en la N400, sí hubo una manera de probarla. Al momento de comparar la condición violación sintáctica contra su control, se encontró la existencia de un componente negativo aproximadamente a los 400 mseg después de la presentación de la palabra control (ver figura 6 B), lo cual se detalla en la explicación del análisis 2. Este componente se produjo en relación con la palabra control, la cual es un sustantivo en todas las oraciones presentadas, por lo tanto, se relacionó con el componente N400. En diversos trabajos se ha descrito que la N400 no está restringida a las violaciones semánticas. Cualquier palabra produce una negatividad parecida a la N400 (aunque es mayor en las violaciones) que refleja la búsqueda del significado de la palabra en la memoria semántica, y es mayor en los sustantivos y los verbos (Neville y cols., 1992). Este tipo de palabras son llamadas “abiertas”, en contraste con las palabras funcionales (preposiciones, pronombres, artículos) que son llamadas “cerradas”. Se ha supuesto que las palabras “cerradas” no requieren una búsqueda exhaustiva en la memoria semántica, ya que son palabras que se utilizan en la construcción de la estructura sintáctica de la oración y se repiten de igual manera en todas las oraciones.

Los potenciales registrados de las palabras abiertas y cerradas son los que fueron comparados al hacer el análisis visual de los potenciales, y se observó que ante las palabras abiertas (sustantivo) se registra una mayor negatividad que ante las palabras funcionales o cerradas, lo cual corresponde con lo reportado en la literatura acerca de las diferencias electrofisiológicas obtenidas en palabras correspondientes a dos categorías léxicas distintas (King y Kutas, 1995; Neville y cols., 1992). Sin embargo, dado que la hipótesis de que la diferencia de potenciales obtenida en distintos tipos de palabras es resultado de diferencias cualitativas en su función lingüística acaba de ser puesta en tela de juicio por Osterhout y cols. (2002), esta explicación tal vez ya no resulte válida. Por otra parte, la nueva hipótesis de Osterhout establece que la diferencia en longitud entre las palabras es la que produce los

distintos patrones de PREs, y en el caso de este experimento no hay diferencias grandes de longitud entre la palabras función o “cerradas” (a-c-e-r-c-a, 6 letras) y los sustantivos utilizados (l-i-b-r-o, 5 letras). Por tanto, en este experimento no es probable que sea la diferencia en longitud la que haya marcado la diferencia entre los dos patrones de respuesta. Existe la posibilidad de que sea la hipótesis temporal (ver figura 3) la que explique este resultado. En la mayoría de los experimentos en los que se utiliza el paradigma de violaciones semánticas o sintácticas en oraciones para estudiar los procesos del lenguaje se han encontrado componentes N400 y P600 en distintas condiciones, nunca juntos en un mismo potencial, aún cuando se hagan combinaciones de los dos tipos de errores en el mismo sitio de la oración (Gunter y cols. 2000; Hahne y Friederici, 2002). Se podría pensar, entonces, que los procesos que subyacen a dichos componentes se dan en serie y no en paralelo. Se ha supuesto que, en caso de que se presenten los dos tipos de violaciones en la misma oración, la detección del error sintáctico evitará que la palabra sea integrada semánticamente en la oración por lo que el componente N400 no aparecerá. En este trabajo no se combinaron violaciones semánticas y sintácticas, pero es posible que en la oración con violación sintáctica, la detección del error sintáctico evitara que la palabra crítica fuese integrada semánticamente a la oración, por lo que no puede observarse un componente N400, como sí sucede en la palabra crítica de la oración control. Al margen de que la hipótesis temporal o la hipótesis de las diferencias electrofisiológicas entre dos palabras de categorías distintas resulte ser la más acertada, en este experimento se obtuvo como resultado que la palabra función, que era la que tenía un error sintáctico, no produjo un componente N400 y la palabra control (un sustantivo) sí lo hizo. La presencia de este componente fue probada estadísticamente (ver Análisis 2), y dado que en este caso las palabras registradas y analizadas no estaban al final de la oración, sino en medio, el componente N400 no fue afectado por la atención.

Los resultados estadísticos muestran que en el grupo control, el componente N400 asociado al sustantivo, en la primera tarea (JSS) muestra una topografía central y prácticamente distribuida en toda la cabeza, con un pico de máxima amplitud a los 370 mseg.(Figura 13 A); mientras que en la segunda tarea (JSS + SMT) muestra una disminución en el número de derivaciones en las que fue encontrado y una latencia un poco

tardía con respecto a la primera tarea. En cuanto al grupo de lectores deficientes, en la primera tarea se observa una clara disminución del componente con respecto al grupo control, encontrándolo sólo en dos derivaciones (Figura 14 A), mientras que en la segunda tarea (JSS + SMT) la disminución del componente es aún más drástica, no encontrando ninguna diferencia significativa entre los potenciales de las dos palabras (Figura 14 B). El patrón que sigue este componente es muy similar al encontrado en el componente P600, una tendencia a disminuir mientras menor capacidad de memoria de trabajo se tiene disponible. Estos resultados comprueban la hipótesis original, por lo que podemos concluir que el sistema de memoria de trabajo es necesaria para llevar a cabo ambos procesos, el semántico y el sintáctico, y dado que los niños lectores deficientes tienen fallas en dicho sistema, una sobrecarga los afectará aún más que a los niños normales, interfiriendo con sus procesos semánticos y sintácticos.

## 9. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este trabajo es posible llegar a varias conclusiones. Una de ellas gira en torno al efecto que la sobrecarga de memoria de trabajo produce en los componentes N400 y P600. Al parecer, los procesos reflejados por ambos componentes requieren el uso del sistema de memoria de trabajo. También concluimos que el problema principal en los niños lectores deficientes está en su baja capacidad de memoria de trabajo, y que es posible relacionar esta baja capacidad con una menor amplitud en los componentes N400 y P600, sobre todo en condiciones de sobrecarga de memoria de trabajo. Los procesos reflejados en los componentes N400 y P600 son de suma importancia en la *comprensión* de aquello que se está leyendo, pues es necesario conocer el significado de las palabras que se leen y además, es necesario conocer y saber manejar las reglas de sintaxis del idioma para poder entender las palabras en su contexto. Si un niño (o una persona adulta) tiene una deficiencia tal que le impide llevar a cabo correctamente los procesos semántico y sintáctico en la lectura, dicha deficiencia redundará directamente sobre su capacidad de comprensión. Se sabe que los niños lectores deficientes son hábiles en reconocer las palabras y en descifrarlas, son capaces de leer en voz alta un texto, pero el problema estriba en su capacidad de comprensión del texto leído. ¿De qué podría servirle a un niño leer un texto que no es capaz de comprender? ¿Puede un texto no comprendido captar el interés de un niño? La experiencia personal de la autora con los niños lectores deficientes indica que, para ellos, la lectura de textos es una actividad aversiva y molesta, impuesta por una maestra o por unos padres preocupados, lo que da como resultado un menor acercamiento del niño hacia la lectura. Las consecuencias futuras de las deficiencias en la lectura en la vida de un niño son de diversas índoles y se prestan a la especulación (menor rendimiento en la escuela, menores probabilidades de terminar una carrera universitaria, contribución al bajo índice de lectura existente en nuestro país, etc.). Los resultados de este trabajo podrían llevar a la implementación de estrategias de tratamiento que mejoren la ejecución de los lectores deficientes y que mejoren también su relación con la lectura. De este trabajo puede inferirse que la estrategia a seguir debería ser entrenar al niño con tareas enfocadas a la memoria de trabajo, de modo que este sistema sea más

eficiente. De este modo, cabe la posibilidad de que una mejora en el sistema de memoria de trabajo implique una mejora en la ejecución de la lectura, sobre todo en la comprensión de los textos.

## 10. REFERENCIAS

1. Angrilli, A., Penolazzi, B., Vespigani, F., DeVincenzi, M., Job, R., Cicarelli, D., Palomba, D. & Stegagno, L. (2002). Cortical brain responses to semantic incongruity and syntactic violation in Italian language: An event-related potential study. *Neuroscience Letters*, 322, 5-8.
2. Armington, J. C. (1974). *The Electroretinogram*. New York: Academic Press.
3. Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. London: Oxford University Press.
4. Baddeley, A. (1992). Working Memory: The interface between Memory and Cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 281-288.
5. Baddeley, A., Thompson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 14, 575-589.
6. Barnea, A., Lamm, O., Epstein, R. & Pratt, H. (1994). Brain potentials from dyslexic children recorded during short-term memory tasks. *International Journal of Neuroscience*, 74, 227-237.
7. Beitchman, J.H. & Young, A.R. (1997). Learning Disorders with a special emphasis on reading disorders: A review of the past 10 years. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36, 1020-1032.
8. Bernal, J., Harmony, T., Rodríguez, M., Reyes, A., Yáñez, G., Fernández, T., Galán, L., Silva-Pereyra, J., Fernández-Bouzas, A., Rodríguez, H., Guerrero, V. & Marosi, E. (2000). Auditory event-related potentials in poor readers. *International Journal of Psychophysiology*, 36, 11-23.
9. Blair, R. C & Karniski, W. (1994). Distribution-free statistical analyses of surface and volumetric maps. En: R.W. Thatcher, M. Hallet, T. Zeffiro, E. R. John, & M. Huerta (Eds.), *Functional Neuroimaging*. (pp. 19-28). Academic Press, New York.
10. Byrne, B. (1981). Deficient syntactic control in poor readers: Is a weak phonetic memory code responsible? *Applied Psycholinguistics* 2, 201-212.
11. Canseco-González, E. (2000). Using the recording of event-related brain potentials in the study of sentence processing. En: Y. Grodzinsky, (Ed.), *Language and the brain: Representation and processing* (pp. 229-266). Foundations of neuropsychology series.

12. Canseco-González, E., Love, T., Ahrens, K., Walenski, M., Swinney, D., & Neville, H. (1997). Processing of grammatical information in jabberwocky sentences: An ERP study. Poster presented at the fourth Annual Meeting of Cognitive Neuroscience Society. Boston. C-23.
13. Caplan, D., Alpert, N., Waters, G. & Olivieri, A. (2000). Activation of Broca's Area by syntactic processing under conditions of concurrent articulation. *Human Brain Mapping, 9*, 65-71.
14. Case, R. D., Kurland, M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology, 33*, 386-404.
15. Celesia, G. G. & Brigell, M.G. (1999). Auditory Evoked Potentials. En: E. Niedermeyer, & F. Lopes da Silva (Eds.) *Electroencephalography* (pp. 994-1013). USA: Williams & Wilkins.
16. Coles, M.G.H. & Rugg, M.D. (1995). Event Related Potentials: an Introduction. En: M.G.H. Coles & M.D. Rugg, (Eds.) *Electrophysiology of Mind. Event-Related Potentials and Cognition* (pp. 2-26). Oxford Psychology Series. Oxford University Press.
17. Coulson, S. King, J. & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes, 13*, 21-58.
18. Courchesne, E. (1983). Cognitive components of the event-related brain potential: Changes associated with development. En: A.W.K. Gaillard & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in ERP research: Endogenous components* (pp. 329-344). Amsterdam: North Holland.
19. Dainer, K. B., Klorman, R., Salzman, L.F., Hess, D. W. Davidson, P.W. & Michael, R. L. (1981). Learning-disordered children's evoked potentials during sustained attention. *Journal of Abnormal Child Psychology, 9*, 79-94.
20. Daneman, M. & Carpenter, P.A. (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 9*, 561-584.
21. Donchin, E. & Coles, M.G.H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences, 11*, 355-372.
22. Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. (Traducido por H.A. Ruger & C.E. Bussenius) New York: Columbia University.
23. Friederici, A., Hahne, A. & Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effects elicited by syntactic anomalies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 22*, 1219-1248.

24. Friederici, A., Mecklinger, A., Spencer, K., Steinhauer, K. & 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.
25. Friederici, A., Wang, Y., Herrmann, C., Maess B. & Oertel U. (2000). Localization of Early Syntactic Processes in Frontal and Temporal Cortical Areas: A Magnetoencephalographic Study. *Human Brain Mapping*, *1*, 1-11.
26. Galán, L., Biscay, R., Rodríguez, J.L., Pérez-Arévalo, M.C. & Rodríguez, R. (1997). Testing topographic differences between event related brain potentials by using non-parametric combinations of permutation tests. *Electroencephalographic Clinical Neurophysiology*, *102*, 240-247.
27. Gunter, T.C., Friederici, A. & Hahne, A. (1999). Brain responses during sentence reading: visual input affects central processes. *NeuroReport*, *10*, 3175-3178.
28. Gunter, T.C., Friederici, A. & Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 556-568.
29. Gunter, T.C., Jackson J.L. & Mulder, G. (1995). Language, memory and aging: an electrophysiological exploration of the N400 during reading of memory-demanding sentences. *Psychophysiology*, *32*, 215-229.
30. Gunter, T.C., Stowe, L. & Mulder, G. (1997). When Syntax meets semantics. *Psychophysiology*, *34*, 660-676.
31. Hagoort, P., Brown, C. & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, *8*, 439-84.
32. Hahne, A. & Friederici, A. (1999). Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis: Early automatic and late controlled processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 194-205.
33. Hahne, A & Friederici A. (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research*. *13*, 339-356.
34. Hahne, A. & Jescheniak, J. (2001). What's left if the Jaberwock gets the semantics? An ERP investigation into semantic and syntactic processes during auditory sentence comprehension. *Cognitive Brain Research*, *11*, 199-212.
35. Harmony, T., Fernández, T., Fernández-Bouzas, A., Silva-Pereyra, J., Bosch, J., Díaz-Comas, L. & Galán, L. (2001). EEG changes during word and figure categorization. *Clinical Neurophysiology*, *112*, 1486-1498.

36. Hoen, M. & Dominey, P.F. (2000). ERP analysis of cognitive sequencing: A left anterior negativity related to structural transformation processing. *NeuroReport*, *11*, 3187-3191.
37. Holcomb, P.J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, *35*, 66-85.
38. Holcomb, P.J., Ackerman, P. T. & Dykman, R. A. (1985). Cognitive event-related brain potentials in children with attention and reading deficits. *Psychophysiology*, *22*, 656-667.
39. Holcomb, P.J. & Neville, H.J. (1990). Semantic priming in visual and auditory lexical decision: a between modality comparison. *Language and Cognitive Processes*, *5*, 281-312.
40. Hulme, C. & Mackenzie, S. (1992). *Working Memory and Severe Learning Difficulties*. Essays in Cognitive Psychology. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
41. Jennings, J.R., Cohen, M.J., Ruchkin, D.S. & Fridlund, A.J. (1987). Editorial Policy on Analyses of Variance with repeated measures. *Psychophysiology*, *24*, 474-478.
42. Just, M.A. & Carpenter, P. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, *99*, 122-149.
43. King, J.W. & Just, M.A. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 580-602.
44. King, J.W. & Kutas, M. (1995). Who did what and when? Using word- and clause- level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *7*, 376-395.
45. Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, *207*, 203-205.
46. Kutas, M., McCarthy, G. & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, *197*, 792-795.
47. Lovegrove, W., Billing, G. & Slaghuis, W. (1978). Processing of visual contour information in normal and disabled reading children. *Cortex*, *14*, 268-278.
48. Marcos, J. (1998). Cerebro y Lenguaje. En: R. De la Fuente & F. J. Álvarez (Eds.). *Biología de la Mente* (pp 257-287). Fondo de Cultura Económica. México.
49. McCarthy, G. & Nobre, A. C. (1993). Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalographic Clinical Neurophysiology*, *88*, 210-219.
50. Martin, A. & Chao, L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current Opinion en Neurobiology*, *11*, 194-201.
51. Miller, G.G. (1956). The magical number 7, plus or minus 2: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*, 81-97.

52. Mody, M., Studdert-Kennedy, M. & Brady, S. (1995). Speech perception deficits in Poor Readers: Auditory Processing or Phonological Coding? *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research, SR-119/120*, 1-24.
53. Moscovitch, M. & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. En: F.I. Craik and T.A. Salthouse (Eds.). *The Handbook of Aging and Cognition* (pp. 315-372). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
54. Münte, T. F., Heinze, H. & Mangun, G. (1993). Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 335-344.
55. Münte, T.F., Matzke, M. & Johannes, S. (1997). Brain activity associated with syntactic incongruencies in words and pseudo-words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 318-329.
56. Näätänen, R., Gaillard, A. W. K., & Mantysalo, S. (1978). The N1 effect of selective attention reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-329.
57. Näätänen, R. & Picton, T.W. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375-425.
58. Neville, H.J. & Coffey, S.A. (1993). The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 235-253.
59. Neville, H.J., Mills, D. J. & Lawson, D. S. (1992). Fractionating language: different neural subsystems with different sensitive periods. *Cerebral Cortex*, 2, 244 –258.
60. Neville, H.J., Nicol, J., Brass, A., Forters, K. & Garret, M. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 151-165.
61. Newman, A.J., Pancheva, R., Ozawa, J., Neville, H.J. & Ullman, M.T. (2001). An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30, 221-224.
62. Newman, S.D. & Twieg, D. (2001). Differences in auditory processing of words and pseudowords: AN fMRI study. *Human Brain Mapping*, 14, 39-47.
63. Osterhout, L. (1997). Brain potentials elicited by words: Word length and frequency predict the latency of an early negativity. *Biological Psychology*, 46, 143-168.
64. Osterhout, L., Allen, M. & McLaughlin, J. (2002). Words in the brain: Lexical determinants of word induced brain activity. *Journal of Neurolinguistics*, 15, 171-187
65. Osterhout, L. & Holcomb, P. (1993). Event related potentials and syntactic anomaly: Evidence of anomaly detection during the perception of continuous speech. *Language and Cognitive Processes*, 8, 413-437.

66. Osterhout, L. & Holcomb, P. (1995). Event related potentials and language comprehension. En: Rugg, M. & Coles, M.G. (Eds), *Electrophysiology of mind: Event related brain potentials and cognition* (pp.171-215). Oxford psychology series.
67. Osterhout, L., McKinnon, R., Bersick, M. & Corey, V. (1996). On the language specificity of the brain response to syntactic anomalies: Is the syntactic positive shift a member of the P300 family? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 507-526.
68. Pascual-Leone, J. A. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
69. Pérez-Villar, J. (1988). *Trastornos psiquiátricos en el niño y en el adolescente*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
70. Prieto-Corona, B., Rodríguez, M., Yáñez, G., Bernal, J., Marosi, E., Guerrero, V. & Luviano, L. (2002). Caracterización del componente P600/SPS en niños normales y con trastornos de la lectura. *Memorias del XLV Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas*. Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas. Universidad de Colima. C-55.
71. Rayner, K. & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of Reading*. Englewood, Inc.
72. Reigosa, V., Pérez, M. C., Manzano, M. & Antelo, M. (1994). Sistema automatizado para explorar la lectura en escolares de habla hispana. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2, 141-160.
73. Robichon, F., Besson, M. & Habib, M. (2002). An electrophysiological study of dyslexic and control adults in a sentence reading task. *Biological Psychology*, 59, 29-53.
74. Rodríguez, M. (1995). Potenciales relacionados con eventos visuales durante la lectura en niños: Lectores deficientes y Lectores normales. *Tesis de Doctorado*. Centro de Neurobiología. Colegio de Ciencias y Humanidades. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado. UNAM.
75. Rösler, F., Friederici, A., Pütz, P., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint violation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 345-362.
76. Shaywitz, S.E. (1996). Dyslexia. *Scientific American*, 5, 98-104.
77. Silva-Pereyra, J., Fernández, T., Díaz-Comas, L., Harmony, T., Fernández-Bouzas, A., Bernal, J., Rodríguez, M., Rivera-Gaxiola, M. & Marosi, E. (2001). Delayed P300 during color discrimination and Sternberg tasks in Poor Readers. *International Journal of Psychophysiology*, 40, 17-32.
78. Silva-Pereyra, J., Harmony, T., Bernal, J., Fernández, T., Rodríguez, M., Reyes, A., Marosi, E., Yáñez, G., Guerrero, V., Rodríguez, H. & Rodríguez, M. (1994). Comparación entre las

- habilidades en la lectura de dos grupos con diferente desempeño académico. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 3, 65-81.
79. Silva-Pereyra, J., Harmony, T., Villanueva, G., Fernández, T., Rodríguez, M., Galán, L., Díaz-Comas, L., Bernal, J., Fernández-Bouzas, A., Marosi, E. & Reyes, A. (1999). N400 and lexical decisions: Automatic or controlled processing?, *Clinical Neurophysiology*, 110, 813-824.
  80. Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., Fernández, T., Díaz-Comas, L., Harmony, T., Fernández-Bouzas, A., Rodríguez, M., Bernal, J. & Marosi, E. (2003). Are poor readers semantically challenged? An event-related brain potential assessment. *International Journal of Psychophysiology*, 49, 187-199.
  81. Stelmack, R.M., Saxe, B.J., Noldy-Cullum, N., Campbell, K.B. & Armitage, A. (1988). Recognition memory for words and event-related potentials: a comparison of normal and disabled readers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 10, 185-200.
  82. Sternberg, S. (1966). High speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
  83. Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E.R. (1965). Evoked potentials correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
  84. Sutton, S., Tueting, P., Zubin, J. & John, E.R. (1967). Information delivery and the sensory evoked potential. *Science*, 155, 1436-1439.
  85. Swanson, H.L. (1992). Generality and modifiability of working memory among skilled and less skilled readers. *Journal of Educational Psychology*, 84, 473-488.
  86. Swanson, H.L. (1993). Working Memory in learning disability subgroups. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 87-114.
  87. Taylor, M.J. & Keenan, N.K. (1990). Event-related potentials to visual and language stimuli in normal and dyslexic children. *Psychophysiology*, 27, 318-327.
  88. Tervaniemi, M., Medvedev, S.V., Alho, K., Pakhonov, S.V. Roudas, M.S. Van Zuijen, T.L. & Näätänen, R. (2000). Lateralized automatic auditory processing of phonetic versus musical information: a PET study. *Human Brain Mapping*, 10, 74-79.
  89. Torgesen, J. & Goodman, I. (1977). Verbal rehearsal and short-term memory in reading disabled children. *Children Development*, 20, 200-207.
  90. Van Petten, C., & Kutas, M. (1991). Influences of semantic and syntactic context on open- and closed- class words. *Memory and Cognition*, 19, 95-112.
  91. Vellutino, F.R. (1979). The validity of perceptual deficit explanations of reading disability: a reply to Fletcher and Satz. *Journal of Learning Disabilities* 12, 160-167.

92. Vellutino, F.R. & Scanlon, D.M. (1985). Free recall of concrete and abstract words in poor and normal readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 39, 363-380.
93. Vellutino, F.R., Scanlon, D.M. & Tanzman, M.S. (1988). Lexical memory in poor and normal readers: Developmental differences in the use of category cues. *Canadian Journal of Psychology*, 42, 216-241.
94. Vellutino, F.R., Scanlon, D.M. & Spearing, D. (1995). Semantic and phonological coding in poor and normal readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 76-123.
95. Vos, S. H., Gunter, T. C., Kolk H.H. & Mulder, G. (2001). Working memory constraints on syntactic processing: An electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 38, 41-63.
96. Waterman, B. & Lewandowski, L. (1993). Phonological and semantic processing in reading-disabled and nondisabled males at two age levels. *Journal of Experimental Child Psychology*, 55, 87-103.

## APÉNDICE 1.

### GLOSARIO

**Afasia.** Pérdida o trastorno de la facultad del habla causada por una lesión en los centros cerebrales del lenguaje.

**Agrafia.** Pérdida de la facultad de escribir.

**Alexia.** Pérdida de la facultad de leer.

**Dislexia.** La dislexia es una forma rara pero diagnosticable de retraso primario en la lectura ligada a algún tipo de disfunción del sistema nervioso central. Este trastorno no es atribuible a ningún tipo de causa ambiental ni a otra condición discapacitante. Los niños con dislexia muestran dificultades para entender las reglas de conversión fonema-grafema-fonema.

**Fonema.** Es un sonido simple, es unidad mínima con significado del lenguaje hablado. Corresponde a una sílaba.

**Fonética.** Estudio acerca de los sonidos de uno o varios idiomas.

**Grafema.** Es la unidad mínima con significado del lenguaje escrito. Corresponde a una sílaba.

**Gramática.** Arte de hablar y escribir correctamente una lengua. La gramática general trata de los principios fundamentales de todos los idiomas.

**Léxico.** Diccionario de una lengua.

**Pseudopalabra.** Una pseudopalabra es un conjunto de letras que pueden ser pronunciadas y leídas pero que no tienen significado en el idioma del lector

**Semántica.** Parte de la semiótica que se ocupa de las relaciones entre palabras y los objetos designados por ellas.

**Sintaxis.** Parte de la gramática que enseña a coordinar y unir las palabras para formar las oraciones y expresar conceptos.

## APÉNDICE 2.

### TABLAS

**Tabla 4.** Edades de los niños participantes en el estudio, en el momento del registro.

Sujeto	GRUPO CONTROL		LECTORES DEFICIENTES	
	Niñas	Niños	Niñas	Niños
1	8	10	9	9
2	9	10	9	10
3	9	10	9	11
4	9	11	10	11
5	10		10	
6	10		11	

**Tabla 5.** Grupo Control. Promedios y desviaciones estándar de las puntuaciones obtenidas en la prueba WISC-R

	ESCALA VERBAL	ESCALA EJECUTIVA	ESCALA TOTAL
<b>PROMEDIO</b>	100.6	91.2	95.6
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	7.98	9.42	8.96

**Tabla 6.** Grupo de Lectores Deficientes. Promedios y desviaciones estándar de las puntuaciones obtenidas en la prueba WISC-R.

	ESCALA VERBAL	ESCALA EJECUTIVA	ESCALA TOTAL
<b>PROMEDIO</b>	87.2	76.6	81
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	2.6	6.35	3.31

**Tabla 7.** Promedios de velocidad de lectura (palabras leídas por minuto) según los datos registrados por la prueba BTL (Batería de trastornos de la Lectura).

	GRUPO CONTROL	LECTORES DEFICIENTES
<b>PROMEDIO</b>	110.27	63.165
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	13.57	21.3

**Tabla 8.** Calificaciones del grupo control en algunas tareas representativas de la BTL.

SUJETO	COMPLETAMIENTO DE ORACIONES		ORDENAMIENTO DE ORACIONES		NOMINACIÓN DE FIGURAS	
	CALIF. Z	PERCENTIL	CALIF. Z	PERCENTIL	CALIF. Z	PERCENTIL
1	-0.2	58	-0.6	50	-1.1	33
2	-1.7	74	-1.4	58	-2.6	0
3	-1.7	21.4	-1.1	50	-0.2	71
4	-0.8	33	-1.5	50	-0.1	56
5	0.3	70	0.2	57	1.5	65
6	-1.3	50	-1.7	74	-0.06	59
7	-0.6	50	-0.2	58	-1.5	57
8	-0.2	60	-0.01	64	-1.2	50
9	-1.3	33	-0.8	54	0.01	59
10	-0.2	54	-0.9	63	-0.3	60

**Tabla 9.** Calificaciones del grupo de lectores deficientes en algunas tareas representativas de la BTL.

SUJETO	COMPLETAMIENTO DE ORACIONES		ORDENAMIENTO DE ORACIONES		NOMINACIÓN DE FIGURAS	
	CALIF. Z	PERCENTIL	CALIF. Z	PERCENTIL	CALIF. Z	PERCENTIL
1	3.6	99	3.7	92	2.6	77
2	2.7	100	2.9	100	2.3	99
3	1.9	92	2.0	92	1.9	100
4	1.6	99	1.9	99	1.8	100
5	1.6	78	1.9	87	2.0	93
6	2.6	100	2.3	100	2.1	100
7	2.01	95	2.1	99	1.9	94
8	1.7	100	2.3	100	2.4	100
9	1.9	92	1.9	99	1.9	93
10	1.9	88	1.9	92	1.8	92