

03086



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO 1
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES 24
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO

CENTRO DE NEUROBIOLOGIA

**ESTUDIO DE LA ONDA P300 VISUAL Y AUDITIVA
EN NIÑOS NORMALES Y CON DEFICIENCIA
EN LA LECTURA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS FISIOLÓGICAS
P R E S E N T A:
M. EN C. JORGE BERNAL HERNANDEZ

Asesora: Dra. Thalía Harmony

MEXICO, D. F.

1997.

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**



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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Thalía Harmony su paciencia y su acertada dirección para la realización de esta tesis.

A mis sinodales

Dra. Feggy Ostrosky, Dra. Gloria Otero, Dra. Erzsebet Marosi, Dra. María Corsi, Dr. León Cintra y Dr. Marcos Velasco.

Que con sus comentarios y críticas enriquecieron este trabajo.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de Neurometría:

Mtra. Guillermina Yáñez, Dra. Thalía Fernández, Dra. Erzsebet Marosi, Mtro. Alfonso Reyes, Mtro. Juan Silva, Ing. Héctor Rodríguez, Dr. Antonio Fernández, Dr. Vicente Guerrero y Dr. Mario Rodríguez.

Por la invaluable ayuda que me brindaron para la realización del presente trabajo.

Esta tesis fue realizada en el Laboratorio de Neurometría, Proyecto de Neurociencias, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, U.N.A.M.

Este trabajo fue apoyado por:

D.G.A.P.A. Proyecto IN214295.

ESTUDIO DE LA ONDA P300 VISUAL Y AUDITIVA EN NIÑOS NORMALES Y CON DEFICIENCIA EN LA LECTURA

RESUMEN

Los estudios neuropsicológicos de los trastornos en la lectura han mostrado que una proporción significativa de esta población presenta deficiencias en distintas fases del procesamiento de la información como en la percepción, discriminación y memoria. Por otra parte, los potenciales relacionados con eventos (PREs) pueden proporcionar un registro continuo de los eventos cerebrales durante el transcurso de las operaciones cognitivas, proporcionando evidencia acerca del orden y tiempo en que ocurren dichas operaciones, lo cual puede ser difícil de obtener a partir de experimentos puramente conductuales (Loveless, N.E., 1983). Por lo tanto pueden ser útiles en el estudio de los múltiples niveles de procesamiento cognitivo requerido para la lectura (Barnea y cols., 1994). Se ha señalado que la onda P300 de los PREs es útil en el estudio de los procesos cognoscitivos asociados a la memoria de trabajo, mientras que los otros componentes como la N100, P200 y N200 se asocian a procesos de atención y de discriminación de estímulos. Basados en estos puntos, en el presente trabajo se estudiaron los PREs a estímulos visuales y auditivos en un grupo de niños con trastornos de lectura y otro de niños normales, poniendo particular énfasis en la amplitud y latencia de los componentes N100, P200, N200 y P300 y en la topografía de este último componente.

En el grupo control se observó mayor amplitud para la P300 visual que para la auditiva en F3, C3, P3, P4, O1, y T5, lo cual no sucedió en el grupo con trastornos de lectura. La única diferencia observada entre grupos en la P300 fue en la modalidad auditiva, en donde la P300 al estímulo infrecuente fue mayor en el grupo con trastornos de lectura que en el control. También se presentaron diferencias en la amplitud del componente P200 entre grupos: el grupo con trastornos de lectura mostró mayor amplitud en la P200 auditiva (PREs a estímulos frecuente e infrecuente) en las derivaciones F4, C3, C4, P4, O1, O2, Fz y Pz. Con la estimulación visual se observó la misma tendencia, pero las diferencias solamente fueron estadísticamente significativas en el PRE al estímulo frecuente en las derivaciones Fp1, F3, F4 C3, C4, P4, Fz y Cz.

Estos resultados se atribuyeron a que los niños con trastornos de lectura presentaron mayor atención que los niños normales tanto a los estímulos frecuentes como a los infrecuentes, lo que probablemente provocaría que no se presentaran diferencias entre grupos en los procesos reflejados por la P300.

STUDY OF THE VISUAL AND AUDITORY P300 WAVE IN NORMAL AND POOR READERS CHILDREN

ABSTRACT

Neuropsychological studies of children with reading disorders have shown that most of them are characterized by deficiencies in several phases of information processing such as perception, discrimination and memory. Event-Related Potentials (ERPs) are continuous recordings of electrical brain activity during cognitive processing, that can provide evidence about ordering and timing of such processes which can be hardly obtained by purely behavioral techniques (Loveless, N. E., 1983). Therefore, ERPs can be useful in the study of the multiple levels of cognitive processing involved in reading (Barnea, et al., 1994). It is well known that P300 component of the ERPs may be useful in the study of working memory processes, while other components such as N100, P200 and N200 are associated to attention and stimuli discrimination processes. According to these antecedents, in the present work ERPs to visual and auditory stimuli were studied in poor readers and in normal control children, focusing on N100, P200, N200 and P300 amplitudes and latencies and the P300 scalp topography.

In the control group, it was observed greater P300 amplitude for visual than for auditory stimuli at F3, C3, P3, P4, O1 and T5 scalp sites, contrasting with the poor readers group in which this difference was not present. In the between-groups comparison, there were no significant differences in P300 latency, amplitude or topography, except for the auditory P300 which showed greater amplitude to the infrequent stimuli in the poor readers group than in the control group. For the auditory P200 component there were observed greater amplitudes for the poor readers compared to the controls at F4, C3, C4, P4, O1, O2, Fz and Pz to both frequent and infrequent stimuli. The same tendency was observed for the visual P200, but the only significant differences were at Fp1, F3, F4, C3, C4, P4, Fz and Cz to the frequent stimuli.

These results were interpreted as if the poor readers need to pay more attention than controls to both frequent and infrequent stimuli, which probably causes the lack of differences between groups in the processes related to the P300 component.

INDICE

INTRODUCCION

Procesamiento fonológico de la información y memoria.....	4
Memoria de trabajo.....	10
Factores biológicos en los trastornos de la lectura.....	16
PREs en niños.....	27
PREs en niños con problemas en la lectura.....	29

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	36
--	-----------

OBJETIVOS.....	38
-----------------------	-----------

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS.....	38
--	-----------

MATERIAL Y METODOS.....	39
--------------------------------	-----------

Sujetos.....	39
Paradigma de estimulación para la obtención de P300.....	40
Método de registro y análisis de datos.....	41
Análisis estadístico.....	42

RESULTADOS.....	44
------------------------	-----------

PREs Visuales.....	44
PREs Auditivos.....	51
Comparación entre los PREs Auditivos vs. Visuales.....	57

DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	62
--------------------------------------	-----------

REFERENCIAS.....	66
-------------------------	-----------

RESUMEN

Los estudios neuropsicológicos de los trastornos en la lectura han mostrado que una proporción significativa de esta población presenta deficiencias en distintas fases del procesamiento de la información como en la percepción, discriminación y memoria. Por otra parte, los potenciales relacionados con eventos (PREs) pueden proporcionar un registro continuo de los eventos cerebrales durante el transcurso de las operaciones cognitivas, proporcionando evidencia acerca del orden y tiempo en que ocurren dichas operaciones, lo cual puede ser difícil de obtener a partir de experimentos puramente conductuales (Loveless, N.E, 1983). Por lo tanto pueden ser útiles en el estudio de los múltiples niveles de procesamiento cognitivo requerido para la lectura (Barnea y cols., 1994). Se ha señalado que la onda P300 de los PREs es útil en el estudio de los procesos cognoscitivos asociados a la memoria de trabajo, mientras que los otros componentes como la N100, P200 y N200 se asocian a procesos de atención y de discriminación de estímulos. Basados en estos puntos, en el presente trabajo se estudiaron los PREs a estímulos visuales y auditivos en un grupo de niños con trastornos de lectura y otro de niños normales, poniendo particular énfasis en la amplitud y latencia de los componentes N100, P200, N200 y P300 y en la topografía de este último componente.

En el grupo control se observó mayor amplitud para la P300 visual que para la auditiva en F3, C3, P3, P4, O1, y T5, lo cual no sucedió en el grupo con trastornos de lectura. La única diferencia observada entre grupos en la P300 fue en la modalidad auditiva, en donde la P300 al estímulo infrecuente fue mayor en el grupo con trastornos de lectura que en el control. También se presentaron diferencias en la amplitud del componente P200 entre grupos: el grupo con trastornos de lectura mostró mayor amplitud en la P200 auditiva (PREs a estímulos frecuente e infrecuente) en las derivaciones F4, C3, C4, P4, O1, O2, Fz y Pz. Con la estimulación visual se observó la misma tendencia, pero las diferencias solamente fueron estadísticamente significativas en el PRE al estímulo frecuente en las derivaciones Fp1, F3, F4 C3, C4, P4, Fz y Cz.

Estos resultados se atribuyeron a que los niños con trastornos de lectura presentaron mayor atención que los niños normales tanto a los estímulos frecuentes como a los infrecuentes, lo que probablemente provocaría que no se presentaran diferencias entre grupos en los procesos reflejados por la P300.

ABSTRACT

Neuropsychological studies of children with reading disorders have shown that most of them are characterized by deficiencies in several phases of information processing such as perception, discrimination and memory. Event-Related Potentials (ERPs) are continuous recordings of electrical brain activity during cognitive processing, that can provide evidence about ordering and timing of such processes which can be hardly obtained by purely behavioral techniques (Loveless, N. E., 1983). Therefore, ERPs can be useful in the study of the multiple levels of cognitive processing involved in reading (Barnea, et al., 1994). It is well known that P300 component of the ERPs may be useful in the study of working memory processes, while other components such as N100, P200 and N200 are associated to attention and stimuli discrimination processes. According to these antecedents, in the present work ERPs to visual and auditory stimuli were studied in poor readers and in normal control children, focusing on N100, P200, N200 and P300 amplitudes and latencies and the P300 scalp topography.

In the control group, it was observed greater P300 amplitude for visual than for auditory stimuli at F3, C3, P3, P4, O1 and T5 scalp sites, contrasting with the poor readers group in which this difference was not present. In the between-groups comparison, there were no significant differences in P300 latency, amplitude or topography, except for the auditory P300 which showed greater amplitude to the infrequent stimuli in the poor readers group than in the control group. For the auditory P200 component there were observed greater amplitudes for the poor readers compared to the controls at F4, C3, C4, P4, O1, O2, Fz and Pz to both frequent and infrequent stimuli. The same tendency was observed for the visual P200, but the only significant differences were at Fp1, F3, F4, C3, C4, P4, Fz and Cz to the frequent stimuli.

These results were interpreted as if the poor readers need to pay more attention than controls to both frequent and infrequent stimuli, which probably causes the lack of differences between groups in the processes related to the P300 component.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones neuropsicológicas realizadas en niños con trastornos en la lectura sugieren que esta población es muy heterogénea con respecto al tipo de deficiencias que presenta. Lyon (1982), encontró que la población de personas con este déficit, conforman varios subgrupos identificados a partir de diferentes pruebas que miden habilidades cognitivas, lingüísticas y perceptuales. Asimismo, los datos obtenidos en dicha investigación apoyan la idea de que las dificultades en el aprendizaje de la lectura son el resultado de distintas causas que pueden producir alteraciones en diferentes fases del procesamiento de la información.

De acuerdo a Rayner y Pollatsek (1989), los sujetos disléxicos forman sólo una pequeña parte de la población (2%), comparada con los lectores deficientes (poor readers) quienes representan el 13 % de los niños en edad escolar. Según estos autores, los lectores deficientes (LD) 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 lecto-escritura y presentan alteraciones cognitivas 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.

Sin embargo, la mayoría de las investigaciones tanto psicológicas como neurofisiológicas se han efectuado en disléxicos y por lo tanto es de esta población de quien se tiene la mayor cantidad de información, misma que se presenta a continuación.

Boder y cols. (1973), estudiaron a un grupo de niños disléxicos y con base en sus puntuaciones de deletreo y lectura encontraron que al 94 % de los sujetos podían clasificarlos en 3 grupos : 1) disfonéticos: presentaban incapacidades en el análisis de las palabras y en la emisión de los sonidos correspondientes, así como dificultades en la emisión de los sonidos de las letras y sílabas que componen una palabra; 2) diseidéticos: estos podían repetir las letras pero tenían dificultades en la memoria y la discriminación visuales, y 3) un grupo con mezcla de déficits de los dos

grupos anteriores: es decir, en habilidades fonéticas y en la discriminación y memoria visual. En otro estudio Mattis y cols. (1975) encontraron que la mayoría de los niños que están en riesgo de presentar problemas en la lectura, son aquellos que tienen incapacidad para recordar información verbal (anomia), dificultades para articular fonemas y déficits viso-perceptuales caracterizados por incapacidad para discriminar letras y/o para asociar letras y secuencias de letras con su sonido. Estos mismos autores propusieron que tales déficits estarían en función de una inadecuada percepción y memorización de estímulos visuales.

En uno de los estudios más cuidadosos en este campo, Petrauskas y Rourke (1979) aplicaron 20 pruebas neuropsicológicas diseñadas para medir habilidades sensoriales, motoras, psicomotoras, lingüísticas y de formación de conceptos a un grupo de 133 niños con dificultades en el aprendizaje de la lectura y un grupo control de 27 niños normales. La edad de los niños varió en un rango muy estrecho 7 - 8.9 años, no presentaron desventajas culturales ni problemas emocionales y tenían un C.I. normal. Estos autores realizaron una validación de sus resultados dividiendo a la muestra de niños con deficiencias en el aprendizaje en dos subgrupos antes de analizar los datos. Los resultados mostraron la existencia de 3 grupos: 1) grupo con dificultades en la fluidez verbal y memoria para las oraciones y con dificultades un poco menores para la memoria de dígitos, asociación entre palabras y formación de conceptos; 2) los niños de este grupo se caracterizaron por presentar deficiencias de moderadas a severas en memoria visoespacial, memoria para oraciones y reconocimiento de sus dedos, en conjunción con menos dificultades en la fluidez verbal y formación de conceptos con respecto al primer grupo; 3) finalmente, los niños en el subgrupo 3 mostraron severas dificultades en la formación de conceptos con dificultades de leves a moderadas en memoria inmediata para dígitos, fluidez verbal, memoria para oraciones y memoria visoespacial. Estos autores propusieron como posible causa de las deficiencias en la lectura la presencia de deficiencias en el procesamiento cerebral de la información.

En otro estudio, Lyon (1982), reportó la existencia de 6 subgrupos en un grupo de niños con deficiencias en la lectura. En general observó que estos subgrupos presentaban deficiencias en alguna o algunas de las siguientes funciones: recepción auditiva, repetición de sonidos, memoria visual, memoria visoespacial, lectura y deletreo. En el grupo 1 los niños presentaron déficits en la comprensión del lenguaje receptivo, en la memoria auditiva, asociación de sonidos, integración visomotora, y memoria visual y visoespacial al igual que el grupo combinado de disléxicos y disfonéticos observado por Boder (1973). Los niños del grupo 2 presentaron deficiencias en comprensión del lenguaje receptivo, memoria auditiva e integración visomotora; estas características también fueron encontradas en el grupo mixto de disfonéticos y disléxicos en el estudio de Boder (1973), pero es más parecido al grupo de incapacitados para la lectura con sutiles deficiencias motoras y psicolingüísticas. Las deficiencias observadas en los niños del grupo 3 fueron también de comprensión del lenguaje receptivo y de asociación de sonidos que indica un desorden del lenguaje en los componentes receptivo y expresivo. Este grupo es parecido al de desórdenes en el lenguaje encontrado por Mattis y cols. (1975) y al de disfonéticos de Boder (1973) y al grupo con deficiencias en la nominación identificado por Satz y Morris (1981a, 1981b, en Lyon 1982). El grupo 4 lo conformaron niños con dificultades en la lectura asociadas a deficiencias en la percepción visual, como en los grupos de disléxicos disléxicos identificados por Boder (1973) y por Satz y Morris (1980b, en Lyon 1982). El 5o. grupo presentó un perfil conductual muy parecido al grupo de problemas globales de lenguaje mencionado por Mattis y cols. (1975), y por Satz y Morris (1980b, en Lyon 1982), en donde se observaron anomia, y alguna o algunas de las siguientes características: desorden en la comprensión, desorden en la imitación del habla y desorden en la discriminación de sonidos del habla. Finalmente el grupo 6 comprendió a niños con puntuaciones que los calificaban como normales.

Otros estudios también han mostrado alteraciones en la atención en los niños con problemas de aprendizaje. Dainer y cols. (1981) estudiaron a un grupo de 19 niños con problemas de aprendizaje sometiéndolos a dos tareas visuales de ejecución continua, encontrando que estos niños tenían más errores tanto de

omisión como de comisión en relación con los niños normales, concluyendo con estos resultados , que estos niños presentan un déficit en la atención sostenida. En ese mismo año, Milberg y cols. (1981) realizaron un estudio de atención selectiva en 12 niños con trastornos de la lectura, observando mayor número de errores tanto de omisión como de comisión que los niños normales, especialmente cuando el ritmo de presentación de los estímulos era más rápido

Como se puede apreciar en los estudios citados anteriormente, las clasificaciones de niños con trastornos en la lectura generalmente incluyen problemas en el procesamiento fonológico de la información, deficiencias en la memoria ya sea auditiva, visual o ambas y trastornos en la atención. En los párrafos siguientes se examinarán con más detalle las evidencias experimentales que apoyan las hipótesis que postulan que los trastornos en la lectura se deben a fallas en estas funciones.

PROCESAMIENTO FONOLÓGICO DE LA INFORMACIÓN Y MEMORIA

El procesamiento fonológico se refiere al uso de la información acústica para el procesamiento del lenguaje oral y escrito. Este factor parece desempeñar un papel central en la adquisición de las habilidades necesarias para el aprendizaje de la lectura y su estudio se ha abordado a partir de tres componentes: conciencia fonológica, recodificación fonológica para el acceso al léxico y la recodificación fonológica para mantener la información en la memoria de trabajo.

El primer componente se refiere a la conciencia que se tiene de la estructura fonológica del lenguaje y se demuestra por una ejecución adecuada en tareas en donde se requiere indicar mediante pequeños golpes, el número de sonidos que componen una palabra, diciendo en orden inverso dichos sonidos y ligando sonidos aislados para formar una palabra. Para un individuo con una conciencia fonológica bien desarrollada los sonidos del habla se representan adecuadamente en las letras que componen el alfabeto, no así en el caso contrario, en donde la asociación entre los sonidos y sus símbolos correspondientes parecería, en el mejor de los casos, una asociación caprichosa (Wagner y Torgesen, 1987).

El segundo componente se refiere a la representación léxica de una palabra escrita, recodificando los símbolos escritos en un sistema representacional basado en sonidos (Crowder, 1982 en Wagner y Torgesen, 1987); en las tareas utilizadas para medir este proceso se les pide a los sujetos que decidan si una cadena de caracteres es o no una palabra, la nominación rápida de objetos, colores y otra clase de estímulos. Este procesamiento junto con el acceso directo a partir de un patrón visual, forman los dos mecanismos básicos para acceder al léxico, pero el segundo tipo sólo parece estar disponible en el caso de los lectores habilidosos y cuando se leen palabras muy frecuentes, mientras que el primer tipo de acceso al léxico parece ser el medio que se utiliza en las primeras fases del aprendizaje de la lectura y es útil aún en la lectura de palabras menos familiares para los lectores experimentados.

Finalmente, el tercer componente se refiere a la recodificación de los símbolos escritos en un sistema representacional basado en sonidos que hace posible que se mantengan en la memoria de trabajo mientras se están procesando. Este componente del procesamiento fonológico podría ser particularmente importante en las personas durante las primeras fases del aprendizaje de la lectura, ya que en estas etapas los individuos tienen que decodificar una serie de letras que se presentan visualmente, almacenar los sonidos de las letras en un almacén temporal y ligar los componentes de este almacén para formar las palabras. La codificación eficiente para el almacenamiento de los sonidos de las letras permitiría, a la persona que comienza el aprendizaje de la lectura, utilizar el máximo de los recursos cognitivos para la tarea de ligar los fonemas aislados y de esta manera formar las palabras (Baddeley, 1979, 1982 en Wagner y Torgesen, 1987).

Wagner y Torgesen (1987) proponen que el procesamiento fonológico de la información es de gran importancia en el aprendizaje de la lectura, ya que, por lo menos en sus primeras etapas, el reconocimiento de los fonemas asociados a los grafemas permite su codificación adecuada para mantenerlos en la memoria y de esta manera ayudar a la formación y reconocimiento de las palabras que van a ser leídas.

Dada la importancia que se ha dado al procesamiento fonológico de la información en la adquisición de la lectura, muchos investigadores han estudiado la participación de este factor y de las deficiencias en la memoria en la generación de las anomalías en el aprendizaje de la lectura.

Mann y Liberman (1984), sugirieron que la memoria a corto plazo es un medio adecuado de almacenamiento de las expresiones en donde se manipula su estructura fonética, y que una conciencia fonológica adecuada de su estructura podría facilitar su representación en esta memoria. Para probar esta hipótesis los autores estudiaron un grupo de 62 niños en la etapa preescolar y un año después cuando se encontraban ya en el primer año de primaria. A todos los niños les aplicaron distintas pruebas que miden la habilidad para adquirir conciencia fonológica, pruebas de capacidad de memoria verbal y pruebas de procesamiento de información no verbal. Ya en la escuela primaria además del rendimiento en estas pruebas se observó su rendimiento en distintas pruebas de lectura, que junto con el criterio de los profesores permitieron dividir a este grupo de niños en 3 subgrupos: buenos, regulares y malos lectores. Los resultados encontrados mostraron que los puntajes obtenidos en las tareas de conciencia fonológica distinguieron a cada uno de estos subgrupos: las peores ejecuciones correspondieron a los malos lectores y las mejores a los buenos lectores. Lo mismo sucedió con las pruebas de memoria verbal en donde las mejores ejecuciones correspondieron a los mejores y las malas a los peores lectores, esta situación sucedió tanto en la etapa preescolar como en la primaria. Es importante mencionar que las fallas en los niños con deficiencias en la lectura parecen provenir de fallas en el procesamiento de la información verbal ya que las pruebas que midieron la ejecución en tareas no verbales no mostraron diferencias entre los 3 subgrupos.

En otro trabajo, Torgesen (1988), estudió un grupo de niños control y otro con trastornos de aprendizaje al cual dividió en un subgrupo con y otro sin deficiencias en la memoria a corto plazo. Los niños con deficiencias en la memoria presentaron puntuaciones más bajas con respecto a los otros dos grupos en retención de dígitos y en tareas en donde se tenían que recordar secuencias de información verbal

familiar, visual o auditiva. No hubo diferencias entre los tres grupos en la ejecución de otras tareas de memoria en donde los estímulos eran visuales y no familiares, con estímulos que permiten su codificación semántica y en tareas de reconocimiento de estímulos. Lo mismo se observó cuando los estímulos que se presentaron en las tareas de memoria no eran verbales. Por lo tanto, las alteraciones en la memoria a corto plazo se atribuyeron a que existía una falla en la decodificación fonológica, lo que podría impedir que la información se almacenara en forma adecuada. En otras palabras, cuando la información se representa por sus características visuales los niños con trastornos en el aprendizaje, con y sin alteraciones en la memoria, ejecutan las tareas igual que los niños normales. Esto sugiere que sus limitaciones no están en su capacidad de almacenamiento, sino en la forma en que se almacenan las características verbales en la memoria. Estas alteraciones en el procesamiento fonológico de la información tendrían un impacto particular durante los estadios tempranos del aprendizaje de la lectura, cuando las palabras probablemente van a ser procesadas como una serie de elementos separados codificados fonéticamente (Torgesen 1988).

En esta misma línea de investigación Ackerman, Dykman y Gardner, (1990), seleccionaron un grupo de niños con trastornos en la lectura para examinar la relación entre tareas que miden el ritmo de articulación (pruebas de velocidad para nominar números), velocidad de nominación continua, sensibilidad fonológica y capacidad de memoria para dígitos, con otras tareas de lectura con la finalidad de saber en qué proporción estas variables explican la ejecución de tareas específicas como la decodificación de palabras, lectura de párrafos, comprensión de lectura y deletreo. Los resultados mostraron lentitud en la articulación y/o en las tareas de nominación continua de secuencias alfanuméricas; asimismo, presentaron deficiencias en la sensibilidad fonológica y en la capacidad de memoria para dígitos. Además se observó que la lentitud en la articulación estuvo fuertemente asociada a una baja sensibilidad fonológica y la baja capacidad de memoria para dígitos a un ritmo lento en nominación de letras y dígitos. Sin embargo, los puntajes en las pruebas de lectura solamente fueron determinados por los puntajes en las pruebas de ritmo de conteo y de nominación, además de la edad. Así, en este trabajo no

quedó clara la participación de la capacidad de la memoria a corto plazo en la ejecución de las tareas de lectura.

Al parecer la relación de la memoria a corto plazo con la lectura es indirecta, por medio de la relación que guarda la memoria con la nominación de letras y dígitos. Cornwall (1992) estudió las relaciones de la conciencia fonológica, nominación rápida y memoria verbal con tareas de lectura en un grupo de niños de 7.25 a 12.25 años con deficiencias en la lectura. Esta autora encontró que los puntajes obtenidos en las medidas de conciencia fonológica ayudaron a predecir significativamente los puntajes de decodificación de pseudopalabras regulares, deletreo y comprensión de lectura; la nominación rápida de letras influyó en los puntajes de identificación de palabras y velocidad y precisión de lectura de pasajes en prosa y las tareas de memoria verbal influyeron significativamente en los puntajes de reconocimiento de palabras. Es decir, estos tres factores se relacionan con habilidades que son necesarias para la lectura. Específicamente, la conciencia fonológica facilita al niño el análisis de las palabras desconocidas (Stanovich, 1986) lo cual está relacionado con la fluidez y velocidad de la lectura. La capacidad de la memoria verbal que se refleja en el recuerdo rápido de la información y en la nominación rápida, podría influir en la facilidad con la cual los niños adquieren la automatización.

En otro estudio Ackerman y Dykman (1993), compararon las ejecuciones en pruebas de procesamiento fonológico, capacidad de memoria automática, ritmo del habla, velocidad de nominación continua, capacidad de memoria para estímulos visuales y auditivos presentados en serie y sumas mentales entre un grupo de niños disléxicos, otro con déficit de atención y otro más compuesto de niños con deficiencias en la lectura que no eran disléxicos (variedad de jardín, Stanovich (1988). Los resultados más importantes mostraron que los niños disléxicos presentaron puntajes inferiores a los otros dos grupos en las tareas de procesamiento fonológico, memoria auditiva, y memoria automática, y en la tarea de nominación rápida de números, letras y de letras y números.

Como se ha observado en estos experimentos, aunque no existe una clara relación entre las deficiencias de la lectura y la capacidad de la memoria a corto plazo, parece ser que existe una relación indirecta de esta memoria con la lectura: se afectarían principalmente las tareas que miden el ritmo de articulación (lo cual se relacionaría con menos oportunidades para la repetición de los estímulos) lo que, a su vez, produciría una disminución en la capacidad de retención de los estímulos en la memoria, presentándose dificultades para que el individuo pudiera procesar adecuadamente esta información. Además se ha propuesto que el procesamiento fonológico influye principalmente en las primeras etapas del aprendizaje de la lectura pero no está claro cómo influye esta limitación para el aprendizaje de las palabras de una sola sílaba que son las que predominan en los libros durante el primer año de la enseñanza primaria.

Las deficiencias en las operaciones de la memoria a corto plazo tales como la repetición y organización (Dallego y Moelly, 1980 y Torgesen y Goodman, 1977) que se han señalado como las responsables de las deficiencias en este tipo de memoria, tampoco explican cómo las limitaciones en la capacidad de la memoria influyen en decrementos en la capacidad para la lectura. Por otra parte, las medidas comunmente usadas para valorar las diferencias entre los lectores con más y menos habilidades, como las pruebas de retención de dígitos y de palabras, en algunas investigaciones (Dempster, 1985; Perfetti y Lesgold, 1977) muestran una débil correlación con la habilidad para la lectura. Asimismo, las investigaciones neuropsicológicas realizadas en pacientes con deficiencias en la memoria a corto plazo han mostrado que en muchos pacientes con alteraciones en este tipo de memoria verbal no se observan deficiencias en pruebas de lectura como en la lectura de palabras ó en la comprensión del lenguaje hablado (McCarthy y Warrington 1990).

Es posible que las relaciones tan débiles que se han observado entre las deficiencias en la memoria a corto plazo y las habilidades para la lectura puedan explicarse por el hecho de que las tareas de memoria a corto plazo no están midiendo las operaciones fundamentales que se ejecutan durante la lectura, las

cuales se pueden resumir como una combinación de procesamiento y almacenamiento de información. Estos procesos no solamente requieren el uso de estrategias de memoria a corto plazo para el almacenamiento de nueva información sino que también necesitan el procesamiento de la información nueva y de la almacenada en la memoria a largo plazo (Swanson y cols., 1989). La combinación de funciones de procesamiento y almacenamiento están incluidas bajo el término de memoria de trabajo por Baddeley (1982, en Wagner y Torgesen, 1987), Baddeley y Hitch, (1974, en Just y Carpenter, 1992), Brainerd y Kingma, 1985; Daneman y Carpenter (1980) y podría ser una perspectiva teórica más útil para caracterizar el proceso de memoria usado para la lectura, por lo tanto en las próximas líneas se estudiará con algún detalle la memoria de trabajo y se mencionarán algunos de los experimentos que han demostrado la participación de esta función en los trastornos de la lectura.

MEMORIA DE TRABAJO

Baddeley (1986), considera que la memoria de trabajo está compuesta de varios subsistemas controlados por un sistema ejecutivo de capacidad limitada. El mismo autor propone que este sistema de memoria comprende 3 componentes: el Ejecutivo Central, el Circuito Articulario y el subsistema de almacenamiento visoespacial. El Ejecutivo Central funciona como un supervisor que controla al circuito articulario, que es un subsistema esclavo encargado del procesamiento y almacenamiento del material verbal, y al subsistema de almacenamiento visoespacial que es otro subsistema esclavo encargado del procesamiento y almacenamiento del material visoespacial.

Just y Carpenter (1992), mencionan que la memoria de trabajo es importante en el pensamiento complejo tal como el razonamiento, la solución de problemas y 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. Esta doble función de procesamiento y almacenamiento de información de la memoria de trabajo se ha

puesto en evidencia en los experimentos de Baddeley y Hitch (1974) (citado en Just y Carpenter, 1992) en donde la habilidad de los individuos para comprender oraciones independientes disminuía si tenían que recordar al mismo tiempo una lista de números, demostrando con estos datos que ambas funciones se llevan a cabo en el mismo lugar.

Dixon, LeFevre y Twilley (1988), estudiaron el papel de la memoria de trabajo y del conocimiento de las palabras en la predicción de la habilidad para la lectura. Para tal efecto, se aplicaron diferentes pruebas de habilidad de la lectura a 95 estudiantes universitarios. Estas pruebas fueron: comprensión, inferencia y velocidad de lectura. Además midieron el conocimiento de palabras por medio de una prueba estandarizada de vocabulario para medir el número de palabras de las cuales se conoce su significado, una prueba para medir la facilidad con la cual los lectores mencionan los significados que podría tener una palabra y una prueba de decisión léxica para medir la velocidad de reconocimiento de las palabras. También midieron la capacidad de la memoria de trabajo durante la lectura utilizando una versión de la prueba diseñada por Daneman y Carpenter (1980), la capacidad de la memoria a corto plazo mediante una prueba de dígitos y otra de recuerdo de palabras. Se encontraron correlaciones sustanciales entre las tres medidas de memoria. Sin embargo, solamente la prueba de la memoria de trabajo durante la lectura se correlacionó significativamente con los puntajes obtenidos en la prueba de comprensión. Estos resultados se interpretaron como una evidencia de que la prueba de capacidad de la memoria de trabajo durante la lectura y la prueba de memoria de dígitos inciden en el almacén de la memoria de trabajo, pero solamente la primera mide la capacidad de procesamiento de la memoria de trabajo durante la lectura.

En el caso de las investigaciones realizadas para estudiar la relación de la memoria de trabajo con los trastornos de la lectura, podemos citar el trabajo de Swanson y cols. (1989). Estos investigadores estudiaron a 50 niños divididos en 2 grupos de edad (11.5 y 13 años) y 2 grupos de lectura (buenos y malos lectores, estos últimos escogidos a partir de un grupo de niños con problemas de

aprendizaje). Las tareas aplicadas a los niños fueron tareas de capacidad para memorizar oraciones (Daneman y Carpenter, 1980) usadas para medir la eficiencia de las operaciones de procesamiento y almacenamiento combinadas. Asimismo, se les pidió que recordaran secuencias de números de 3 y 6 dígitos mientras agrupaban una serie de tarjetas ya fuera de acuerdo a la forma de la figura (no se podían verbalizar), de acuerdo a su categoría semántica (vehículos, ropa, etc), o tarjetas en blanco. Los resultados mostraron que los niños con trastornos en la lectura presentaron puntajes significativamente menores a los de los niños normales tanto en las tareas de memoria de números (lo mismo cuando agruparon las tarjetas con información semántica que cuando las agrupaban por su forma) como en las de recuerdo de oraciones; asimismo, mientras en el caso de los niños normales de mayor edad se observó mayor capacidad de memoria para dígitos que en los menores, en los niños con trastornos en la lectura no se observaron diferencias en relación a la edad. Con respecto a la diferencia en el número de dígitos que componían cada número, se observó que las diferencias entre grupos solamente se presentaron cuando el número de dígitos fue de 6, es decir en el caso en el que se requería de mayor capacidad en la memoria. Los resultados se interpretaron como una deficiencia en el componente ejecutivo central, quizás debido a una demanda de recursos a este sistema por parte de los sistemas de almacenamiento visual y auditivo. Con base en estos resultados los autores concluyeron que el déficit en la memoria de trabajo era muy general y abarcaba los tres componentes de la memoria de trabajo propuestos por Baddeley a saber: el ejecutivo central, el circuito articulatorio y un sistema de almacén para estímulos visoespaciales.

Datos similares se obtuvieron en el experimento realizado por Swanson (1993), en donde se compararon las ejecuciones en tareas para medir la capacidad de la memoria de trabajo a estímulos verbales y visoespaciales de niños con trastornos en la lectura y niños con deficiencias en matemáticas. En ambos grupos de niños se observaron deficiencias en las ejecuciones de los dos tipos de tareas lo cual interpretaron como una deficiencia generalizada en la memoria de trabajo en los niños con problemas de aprendizaje, presumiblemente debido a limitaciones en el procesamiento del sistema ejecutivo. Por tal motivo, el autor propone que los

resultados de las investigaciones que atribuyen los déficits en la memoria de niños con problemas de aprendizaje a deficiencias en el procesamiento fonológico que es un procesamiento de orden inferior, pueden explicarse con base en el modelo propuesto por Baddeley (1986). En este modelo el ejecutivo central es un sistema genérico indiferenciado que se usa para apoyar a los sistemas de orden inferior; si este sistema ejecutivo es sobrecargado no puede contribuir a superar las deficiencias del procesamiento de bajo nivel, lo cual traería como consecuencia anomalías en el funcionamiento de este sistema.

En otro estudio Swanson (1994), comparó las ejecuciones entre grupos de niños y adultos con y sin trastornos de aprendizaje en tareas para medir la capacidad de la memoria a corto plazo y la memoria de trabajo tanto verbal como visoespacial. Encontró diferencias significativas entre los grupos de sujetos normal y con trastornos de aprendizaje en 5 tareas para medir la capacidad de memoria de trabajo verbal y en una visoespacial, mientras que en las tareas de memoria de corto plazo solamente en una verbal y una visoespacial. Sin embargo, al hacer un análisis discriminante con todas estas variables solamente una de las tareas para medir la capacidad de la memoria de trabajo verbal discriminó entre los grupos con y sin trastornos de aprendizaje.

Las investigaciones que se acaban de describir señalan la posibilidad de que las deficiencias observadas en la memoria de los niños con problemas de aprendizaje y más específicamente en los niños con trastornos en la lectura pueden deberse fundamentalmente a alteraciones en la memoria a corto plazo y/o en la memoria de trabajo. Sin embargo, las pruebas de capacidad de la memoria a corto plazo no siempre discriminan entre los niños con y sin problemas de lectura, mientras que los estudios con pruebas que miden la capacidad de la memoria de trabajo han logrado discriminar ambos grupos prácticamente en todos los estudios que han empleado dichas pruebas.

Es necesario hacer énfasis en que dado que las alteraciones en la capacidad de la memoria de trabajo se han encontrado tanto en los niños con deficiencias en matemáticas como en los que presentan trastornos en la lectura, Swanson (1993,

1994) ha postulado la hipótesis de que estos niños presentan una deficiencia específicamente en el ejecutivo central, toda vez que este componente se encarga de manejar la información de los demás sistemas que componen la memoria de trabajo.

Un resumen de los principales hallazgos de las investigaciones psicológicas se presenta en la tabla 1.

TABLA 1.-ESTUDIOS PSICOLÓGICOS EN NIÑOS CON TRASTORNOS. DE LA LECTURA

AUTOR Y PRUEBA EMPLEADA	RESULTADOS	CONCLUSIONES
1.- Boder (1973). Pruebas de deletreo y lectura	3 grupos de niños disléxicos: 1) disfonéticos: deficiencias en el análisis palabras 2) disléxicos: deficiencias en Memoria y discriminación visual 3) mixtos.	Los disléxicos presentan fallas fonéticas, de discriminación visual o ambas.
2.- Mattis (1975). Pruebas de deletreo y lectura	Deficiencias para 1) recordar inf. verbal. 2) articular fonemas. 3) percepción visual	Los déficits de estos niños están en función de una inadecuada percepción y memoria visuales.
3.- Petrauskas y Rourke (1979). Batería de pruebas neuropsicológicas	3 grupos: 1) Severa dificultad en fluidez y memoria verbal y formación de conceptos. 2) Deficiencia moderada a severa en memoria visoespacial, y dificultades menores en fluidez verbal y formación de conceptos. 3) Deficiencia severa en formación de conceptos, dificultad leve en memoria verbal y visoespacial.	Los disléxicos tienen dificultades heterogéneas y mezcladas de acuerdo a las tareas evaluadas.

TABLA1 (continuación)

<p>4.- Lyon (1982).</p> <p>Batería de pruebas neuropsicológicas.</p>	<p>6 grupos, 5 con déficits en:</p> <p>1) Comprensión del lenguaje, memoria auditiva, integración visuo-motora, memoria visual.</p> <p>2) Comprensión del lenguaje, memoria auditiva e integración visuo-motora.</p> <p>3) Comprensión del lenguaje y asociación de sonidos.</p> <p>4) Percepción visual.</p> <p>5) Anomia, desorden en la comprensión, en la imitación o discriminación de sonidos del habla.</p> <p>6) Normales</p>	<p>Los disléxicos tienen dificultades heterogéneas y mezcladas de acuerdo a la tarea evaluada, pero generalmente hay déficit en el procesamiento fonológico, y déficits de memoria auditiva, visual o ambas.</p>
<p>5.- Dainer y cols. (1981)</p> <p>2 pruebas de ejecución sostenida.</p>	<p>Los niños con trastornos de aprendizaje tuvieron más errores de omisión y comisión</p>	<p>Los niños con trastornos del aprendizaje presentan deficiencias en la atención sostenida.</p>
<p>6.- Milberg y cols. (1981)</p> <p>pruebas de atención selectiva.</p>	<p>Los niños con trastornos de lectura presentaron más errores de omisión y comisión, particularmente cuando los estímulos se presentaban a un ritmo mayor</p>	<p>Los niños con trastornos en la lectura presentan deficiencias en la atención selectiva.</p>
<p>7.- Mann y Liberman (1984).</p> <p>Tareas de exploración de la conciencia fonológica y memoria verbal.</p>	<p>Niños en etapa preescolar y de adquisición de la lectura. Los niños que se convirtieron en malos lectores tuvieron los peores puntajes.</p>	<p>Las deficiencias en la lectura se relacionan a déficits en la conciencia fonológica y memoria verbal.</p>
<p>8.- Torgesen (1988).</p> <p>Tareas de MCP: visual y auditiva</p>	<p>Los niños con TA asociado con déficit de MCP tuvieron las puntuaciones más bajas.</p>	<p>Las deficiencias en la lectura se asocian a deficiencias en la MCP.</p>
<p>9.- Ackerman, Dykman y Gardner (1990).</p> <p>Tareas fonológicas, de nominación continua y memoria de dígitos.</p>	<p>Los disléxicos se distinguieron por lentitud en la articulación, déficits en nominación, fonológicos y de capacidad de memoria.</p>	<p>Las deficiencias en la lectura se relacionan a déficits fonológicos y en la capacidad de memoria.</p>

TABLA1 (continuación)

<p>10.- Ackeman y Dykman (1993).</p> <p>Tareas fonológicas, de memoria auditiva y automática.</p>	<p>Los disléxicos se distinguieron de niños con t. de atención y LD sin dislexia por sus puntajes más bajos en proc. fonológico, memoria auditiva, automática, y nominación rápida.</p>	<p>Los disléxicos tienen fallas más severas que los otros dos grupos en los procesos mencionados.</p>
<p>11.- Swanson et al.,(1989).</p> <p>Memoria de números y oraciones</p>	<p>Los niños LD mostraron puntajes significativamente menores en este tipo de tareas</p>	<p>Deficiencia en el componente ejecutivo central de la memoria de trabajo (Modelo de Baddeley)..</p>
<p>12.- Swanson (1994).</p> <p>MCP, memoria de trabajo verbal y visuoespacial.</p>	<p>Las tareas de memoria de trabajo y de corto plazo discriminan a los niños normales de los TA.</p>	<p>TA relacionados específicamente e deficiencias en la memoria de trabajo verbal y MCP.</p>

FACTORES BIOLÓGICOS EN LOS TRASTORNOS EN LA LECTURA.

Aunque no se ha logrado establecer con precisión cual es el origen biológico de los trastornos en la lectura, existen evidencias tanto electrofisiológicas como neuroanatómicas que señalan como una causa importante en la etiología de este trastorno, posibles alteraciones anatómicas cerebrales las cuales se han encontrado principalmente en sujetos que en vida presentaban dislexia del desarrollo. Galaburda y Livingstone (1993), encontraron que los componentes tempranos de los potenciales evocados a los cambios de bajo contraste de un patrón presentan un retraso en la latencia en sujetos adultos disléxicos en relación a las respuestas que presentan adultos normales. Estos resultados los explicaron en base a una respuesta más lenta de las células de la corteza visual primaria o de las aferentes que le llegan del núcleo geniculado lateral del tálamo. Esta hipótesis tiene apoyo en los estudios que realizaron de los cerebros de 5 sujetos adultos que en vida habían sido diagnosticados como disléxicos y que compararon con otros 5 cerebros de sujetos adultos sanos. El análisis histológico del tálamo de los cerebros de los

sujetos con dislexia y normales mostró que en las capas de la porción magnocelular los cerebros de los disléxicos presentaron una estructura más desorganizada con los cuerpos celulares más pequeños y más variables en tamaño y forma. Así, un menor tamaño de las células magnocelulares podría provocar un procesamiento más lento de la información de bajo contraste debido a una disminución en el grosor de los axones que tiene como consecuencia menores velocidades de conducción.

Otra posibilidad que se origina a partir de los estudios conductuales, es que en la dislexia estén involucradas alteraciones en los mecanismos cerebrales responsables de la memoria a corto plazo. Los trabajos realizados para determinar la localización anatómica de este tipo de memoria en el hombre han considerado el estudio de pacientes con lesiones cerebrales asociadas a distintas deficiencias en la memoria. De esta manera han concluido que para la memoria auditiva-verbal las regiones involucradas se encuentran en la porción inferior, ya sea anterior o posterior del lóbulo parietal izquierdo y en la región parieto-temporal, y para la memoria a corto plazo visual-verbal la porción anterior del lóbulo occipital y posterior del parietal, (McCarthy y Warrington, 1990).

Los estudios realizados en niños con trastornos en la lectura, también han mostrado como una posible causa de estas deficiencias alteraciones neuroanatómicas y/o alteraciones funcionales presumiblemente debidas a lesiones cerebrales. Fernández-Bouzas y cols. (1991), estudiaron una muestra de 15 niños con problemas de aprendizaje y encontraron que en 6 niños se apreció alguna lesión en la tomografía axial computarizada (TAC), mientras que en el resto de la muestra no se pudo demostrar ninguna anomalía anatómica.

Las alteraciones funcionales en los niños con trastornos de aprendizaje se han detectado a partir de los estudios realizados utilizando el electroencefalograma, los potenciales provocados y los potenciales relacionados con eventos. Como se hará notar en las siguientes líneas, con estos estudios se muestra evidencia que apoya la existencia de alteraciones neurofisiológicas que pueden explicar, por lo menos en parte, los trastornos de aprendizaje.

Los estudios electroencefalográficos realizados en niños con trastornos de aprendizaje, en general han mostrado una actividad electroencefalográfica más lenta en relación con los niños normales (Ahn y cols., 1980, Hanley y Skalar 1976, Rebert y cols., 1978). Harmony y cols. (1990), estudiando el EEG cuantitativo en niños con diferentes habilidades en la lecto-escritura encontraron valores incrementados de la actividad delta en los niños con menor habilidad y más actividad alfa en las áreas occipitales asociadas a mejores ejecuciones en la lecto-escritura. Además, en la potencia relativa los niños con una ejecución intermedia presentaron valores más altos de actividad theta en casi todas las derivaciones en relación con el grupo de buena ejecución en la lecto-escritura; en el caso de los niños con peores evaluaciones se observó más delta en las áreas frontales y temporales izquierdas. Estos datos se interpretaron como indicativos de una posible disfunción cerebral en las áreas relacionadas con la lecto-escritura que pudiera subyacer a estas deficiencias.

Los potenciales relacionados con eventos (PREs) pueden proporcionar un registro continuo de los eventos cerebrales durante el transcurso de las operaciones cognitivas, proporcionando evidencia acerca del orden y tiempo en que ocurren dichas operaciones, tal como el análisis cronométrico de procesos cognitivos (McCarty y Donchin, 1981), lo cual puede ser difícil de obtener a partir de experimentos puramente conductuales (Loveless, N.E, 1983). Por lo tanto pueden ser útiles en el estudio de los múltiples niveles de procesamiento cognitivo requerido para la lectura (Banea y cols., 1994). Así se han estudiado distintos componentes de los PREs como son la onda N100, P200, N200 y P300 que se han asociado a distintas fases en el procesamiento de la información. En particular N100, P200 y N200 se clasifican como componentes de latencia larga (Harmony, 1984; Picton y cols., 1974). La onda P300 se ha estudiado exhaustivamente por su asociación con los procesos cognoscitivos y por lo tanto se hará una revisión independiente de este componente.

La onda N100 al igual que la P200, es considerada por algunos autores como un componente exógeno (Polich y cols., 1990; Iragui y cols. 1993), otros la consideran

un componente endógeno (Donchin y cols., 1978; Shibasaki y Miyasaki, 1992) y otros más como una combinación de ambos tipos de componentes (Elbert, 1992). La N100 es un componente relacionado a la atención selectiva (Elbert, 1992; Loveless, 1983) con una distribución topográfica frontocentral (Iragui y cols. 1993). Su aparición indica un procesamiento selectivo relativamente temprano que podría reflejar alguna evaluación sensitiva adicional del estímulo atendido, su comparación con lo almacenado en la memoria (Loveless, 1983; Picton, 1988) o algún proceso supervisor que activa y dirige la evaluación sensitiva o el acceso a la memoria.

La N100 a estímulos visuales se ha estudiado más en relación a la estimulación viso-espacial, presentando los estímulos en distintos lugares y pidiéndole a los sujetos que solamente respondan cuando un tipo de estímulo aparece en determinado lugar. De esta manera se ha encontrado un aumento en la amplitud de la N1 a los estímulos luminosos que fueron atendidos (Hillyard y cols. (1978). Cuando se atiende a un tipo de estímulo (por su color o patrones con distinta densidad de barras) que aparece en el mismo lugar en que aparece otro que no es atendido, la diferencia en la respuesta al estímulo atendido consiste en una onda negativa con un pico entre 200-250 ms. en las regiones occipitales. No se sabe si esta onda es en alguna manera equivalente a la N100 que aparece durante las tareas de atención selectiva espacial (Hillyard y cols., 1978). Lovrich y cols. (1986), estudiando los PREs a estímulos visuales que se discriminaban por su forma mostraron también una negatividad cercana a los 200 ms pero con una latencia más temprana y de menor amplitud hacia las regiones anteriores, no encontrando diferencias entre las respuestas a los estímulos atendido y no atendido, es necesario mencionar que la referencia utilizada en este estudio fue un electrodo colocado en la nariz y tanto el estímulo blanco como el no blanco se presentaron con un 50% de ocurrencia, lo cual hace difícil comparar estos resultados con otros estudios.

Sin embargo, de acuerdo a Naatanen y Picton (1987) la N100 auditiva no refleja un único proceso cerebral y postulan que existen 6 distintos procesos cerebrales que contribuyen a la aparición de la N100. Estos componentes ocurren en distintas zonas cerebrales y se relacionan a diferentes funciones psicofisiológicas. De estos 6

componentes 3 son considerados como los verdaderos componentes N100, mientras que el resto, aunque ocurren alrededor de la misma latencia, podrían ser independientes. El primero de estos componentes tiene una distribución frontocentral y es generado en la corteza supratemporal incluyendo también áreas diferentes a la corteza primaria auditiva. Este componente aumenta de amplitud cuando aumenta la intensidad del estímulo y probablemente aumente con la atención por medio de un mecanismo talamocortical. Este componente correspondería a la N100 descrita por Hillyard y cols. (1973) quienes encontraron un aumento en la amplitud de la N100 a los estímulos atendidos que a los no atendidos. El componente 2 es bifásico con una onda positiva cercana a los 100 ms y una onda negativa cercana a los 150 ms. Probablemente se genera en el giro temporal superior y se registra con una amplitud máxima en las derivaciones temporales medias. El tercer componente es una onda negativa en el vértex que ocurre a los 100 ms y tiene la característica de que aumentando el intervalo interestímulo aumenta de tamaño. Este componente es más fácilmente registrado en respuesta al estímulo auditivo presentado a intensidades más grandes que 60 dB y a ISI mayores 4-5 seg. Los componentes 4 y 5 son la "mismatch negativity" y la negatividad diferencial respectivamente y el último componente es la porción más tardía de la negatividad diferencial que presenta una distribución más frontal.

El estudio de este componente podría ser útil en investigaciones sobre los problemas que ocurren en pacientes con déficits de atención (Picton, 1988) como en el caso de algunos niños hiperactivos quienes, a diferencia de los sujetos control, presentan amplitudes similares a los estímulos atendidos y no atendidos (Loiselle and cols., 1980).

La onda P200 presenta una distribución topográfica principalmente hacia las regiones centrales (Iragui and cols., 1993) y se ha propuesto que responde únicamente a los cambios físicos del estímulo (Hillyard y Picton, 1988) y por tal motivo se le considera un componente exógeno. Cuando se han utilizado estímulos visuales, la P2 se ha estudiado más comparando las respuestas a los estímulos atendidos que se presentan en lugares distintos a los no atendidos y cuando se

presentan en el mismo lugar los resultados encontrados son básicamente de una respuesta escasamente más pequeña al estímulo atendido (Hillyard y cols. 1978). En el caso del estudio de Lovrich y cols. (1986), los autores describieron una P2 con un pico máximo entre 237 y 267 ms y una topografía con voltajes mayores en la región parieto-occipital y mayores voltajes a los estímulos blanco que a los no blanco. Así no está claro aún si la P2 responde también a la atención como en el caso de la N1. Sin embargo, algunas investigaciones han mostrado que la P200 también se modifica en función de las demandas de atención de la tarea ejecutada (a mayor atención mayor amplitud de la P200) (Johnson, 1989) o en muestras de sujetos con deficiencias en la lectura (Stelmack y cols., 1988, Holcomb y cols., 1986).

A la N200 se le ha descrito como un componente endógeno con una distribución topográfica dependiente de la modalidad sensorial estimulada (Donchin y cols., 1978), es más grande en el vértex para los estímulos auditivos y en las áreas preoccipitales para los estímulos visuales (Simson, Vaughan and Ritter, 1977). Este componente podría reflejar un proceso discriminativo que responde de forma automática a los cambios ambientales y quizás participa de alguna manera en la iniciación de la respuesta de orientación (Naatanen and Michie en N.E. Loveless, 1983); podría reflejar el proceso psicológico asociado a la selección del estímulo blanco (Donchin y cols., 1978), o a la discriminación de estímulos (Satterfield y cols., 1990). Asimismo se ha propuesto que podría indicar el inicio de 2 procesos simultáneos cuando el estímulo utilizado requiere de respuestas discriminativas: actividades en las áreas motoras que producen las respuestas motoras relevantes y los eventos psicológicos que subyacen a la P300 (Simson y cols., en Donchin y cols., 1978). También se ha observado una relación muy importante entre la N200 y las demandas de la tarea (Johnson, 1989; Duncan, y cols. 1994) y con la atención selectiva ya que los estudios realizados en sujetos con deficiencias en la atención generalmente han mostrado disminución en la amplitud de este componente en comparación con la obtenida en sujetos normales a edades tempranas (Satterfield y cols., 1990). Otra hipótesis es que la N200 refleja el proceso de categorización durante la producción de decisiones (Iragui y cols., 1993).

La onda P300 es un componente de polaridad positiva que ha sido ampliamente estudiado en relación con los posibles procesos psicológicos que subyacen a su aparición. Hasta el momento la hipótesis más aceptada, por ser la que mayor evidencia ha presentado, es que se relaciona con procesos cognoscitivos encargados de la actualización del contexto en la memoria (Donchin y Coles 1988). Como se verá más adelante este mismo autor ha propuesto que la aparición de dicha onda refleja el funcionamiento de la memoria operativa ya que es en este lugar donde tiene lugar la actualización del contexto.

A continuación se presentarán algunos de los estudios que han aportado evidencia que apoya la función propuesta para la P300, es decir que demuestran que esta onda es el reflejo de una actividad cerebral relacionada con el procesamiento de la información medioambiental y con eventos subjetivos asociados a esa información. Asimismo, se discutirán algunos de los experimentos que han utilizado a la onda P300 para estudiar las posibles alteraciones en la memoria, particularmente en los niños con problemas de aprendizaje que es el tema que se está abordando en esta tesis.

Uno de los paradigmas más usados para la obtención de la P300 es el denominado "oddball". Se ha usado tanto en muestras de sujetos normales (Duncan-Johnson y Donchin, 1977; Polich y cols., 1983) como en muestras de sujetos en los que se presume alguna deficiencia en el procesamiento de información (Maurer y cols., 1988; Taylor y Keenan, 1990). En este paradigma se presentan a los sujetos dos estímulos diferentes en una secuencia azarosa en donde uno de los estímulos (estímulo blanco) ocurre con baja probabilidad en relación con el otro estímulo (estándar) que es más frecuente. Generalmente se pide a los sujetos que ejecuten alguna tarea de discriminación asociada con la aparición del estímulo blanco, obteniéndose una P300 de mayor amplitud relacionada a este estímulo (Polich y cols., 1994).

Estas dos variables, la realización de una tarea y la baja aparición del estímulo blanco determinan en gran medida la amplitud de la P300 y reflejan la asociación de esta onda con actividades de procesamiento de información. Así por

ejemplo, en relación con la ejecución de una tarea asociada con el estímulo blanco, algunos autores han observado que la P300 no se produce o presenta amplitudes pequeñas cuando los sujetos ignoran los estímulos raros que se les presentan y que en cambio cuando ponen atención a estos mismos estímulos, si se producen grandes P300s. Por ejemplo, Duncan-Johnson y Donchin (1977) no obtuvieron P300s en los PREs producidos por estímulos que se presentaban mientras los sujetos se encontraban armando un rompecabezas y en cambio cuando los pusieron a contarlos, fue fácilmente observable. Resultados un tanto similares fueron encontrados por Polich (1987) al comparar las P300s obtenidas en una situación en donde se les pidió a los sujetos que ignoraran los estímulos blanco (situación pasiva) y en otra en donde se requirió que los sujetos discriminaran y contaran uno de dos estímulos sonoros (situación activa). Dicho autor encontró una P300 de mayor amplitud en la situación activa que en la pasiva.

En cuanto a la baja probabilidad del estímulo blanco, se ha observado que aunque es importante, no es el factor clave en la producción de P300; es más importante la probabilidad subjetiva. La probabilidad subjetiva se refiere a que al margen de la probabilidad a priori (probabilidad real) con la que se presentan los eventos, los sujetos se forman expectativas acerca de su ocurrencia, es decir que toman la información del ambiente y la procesan asignándole a los eventos una probabilidad diferente a la que en verdad tienen. Un experimento que ilustra claramente la participación de este factor es el realizado por Horst y cols. (1980), quienes registraron la P300 usando una tarea de aprendizaje de pares asociados. Utilizaron 8 listas de 6 pares asociados de sílabas sin sentido consonante-vocal-consonante muy parecidas entre sí. Por medio de una computadora presentaron a los sujetos una sílaba sin sentido al azar de una determinada lista y estos tenían que aprender y responder cuál sílaba sería la siguiente en aparecer; si un sujeto respondía correctamente en 2 ocasiones seguidas, los siguientes ensayos se efectuaban con las sílabas de las siguientes listas. Después de la respuesta se preguntaba al sujeto su certidumbre de que la respuesta que había dado era la correcta, e inmediatamente después la computadora presentaba la sílaba asociada. Como las asociaciones de las sílabas eran arbitrarias los sujetos tuvieron que

aprender la respuesta correcta observando las respuestas de la computadora. Por lo tanto al principio sus respuestas fueron totalmente erróneas pero conforme transcurrió el experimento los sujetos aprendieron, por lo que el número de sus respuestas correctas fue en aumento. Los resultados indicaron que la amplitud de la P300 estuvo determinada por la interacción entre el resultado de un ensayo en particular y la expectancia del sujeto para ese resultado: entre más inesperado era el resultado, mayor era la amplitud de la P300. Estos datos, por lo tanto, apoyaron la hipótesis de que la amplitud de la P300 es dependiente de la probabilidad subjetiva asociada con el evento que la produce.

Otro de los resultados experimentales que apoyan la participación de este factor en la amplitud de la P300, se observa en los experimentos donde se utiliza el paradigma "oddball". Si se mantiene fija la probabilidad a priori de un evento, la amplitud de la P300 puede aumentar o disminuir dependiendo de la secuencia en que se presentan los estímulos blanco (Duncan-Johnson y Donchin, 1977). Así por ejemplo, si se presentan dos estímulos blanco seguidos, el segundo estímulo presentará una P300 de menor tamaño que la producida por el primer estímulo y esta disminución puede aumentar a medida que se presentan más estímulos blanco seguidos debido a que aumenta la expectancia del sujeto para ese evento.

Donchin y Coles (1968) han destacado la importancia que tiene el hecho de que los eventos ocurran con una probabilidad baja explicando en base a este factor la posible función de P300. Plantean que dado que P300 está asociada a eventos de probabilidad baja, debe ser generada por un procesador cerebral activado por eventos raros cuya activación es directamente proporcional a la rareza. Para explicar la función de la onda P300 enuncian dos aseveraciones:

- 1.- La amplitud de P300 es una medida de la proporción de activación del procesador que la produce.
- 2.- La P300 es un proceso que se relaciona con el mantenimiento de una representación adecuada (o modelo) del ambiente. Por lo tanto, debe haber mecanismos encargados del mantenimiento del modelo, el cual debe ajustarse

dinámicamente al ambiente, para reflejar siempre el contexto actual. La novedad, la sorpresa, y la ocurrencia de eventos improbables pueden ser de alguna manera integrados en el modelo, o rechazar la importancia del evento y permanecer sin cambios.

La representación del ambiente se efectúa en la memoria y por lo tanto, los cambios significativos para el individuo que ocurran en el ambiente también modificarán la memoria (Donchin, 1981). Esta aseveración permitió a Donchin formular la hipótesis de que los estímulos que produzcan P300 serán mejor recordados que los que no la produzcan. Para probarla, se presentó a un grupo de sujetos nombres de hombres y de mujeres, siendo los de hombres menos frecuentes; posteriormente se pidió a los sujetos que recordaran la mayor cantidad de nombres que pudieran, encontrando que recordaron un porcentaje mayor de nombres de hombres. Se obtuvieron P300s de mayor tamaño para los nombres recordados que para los no recordados (Fabiani y cols. 1986).

Sin embargo, no todos los cambios improbables en el ambiente llevarán a una actualización del contexto. Solamente aquellos que son importantes para la tarea ejecutada por el sujeto cambiarán el modelo del ambiente, y si estos estímulos representan una fuente de información adicional para la ejecución de la tarea entonces el proceso genera mayor actividad eléctrica cerebral, lo que se reflejará en la amplitud de la P300: mientras más grande es su amplitud más grande es el cambio en el modelo. Para ilustrar estas ideas podemos citar el experimento realizado por Johnson y Donchin (1978) quienes pidieron a un grupo de sujetos que presionaran un botón exactamente 1 segundo después de la presentación de un flash. A los sujetos se les informaba por medio de un tono si la estimación del tiempo era correcta y cambiando la intensidad del mismo si no lo era; dicha intensidad cambió en diferentes fases del experimento de tal manera que en algunas de ellas la intensidad era muy parecida o igual cuando la respuesta era correcta o incorrecta; es decir la información que proporcionaba la intensidad del estímulo era prácticamente nula ya que el sujeto no podía saber si había acertado en la estimación del tiempo, en cambio cuando la diferencia entre las intensidades era

muy grande los sujetos podían obtener información acerca de su ejecución. Los resultados mostraron que entre más grande era la diferencia entre la intensidad de los tonos, mas grande era la P300 independientemente de que hubieran acertado o no. Esto no sucedió cuando se pidió a los sujetos que simplemente contaran los mismos tonos en un paradigma de oddball, en donde produjeron una P300 cuya amplitud fue independiente de la diferencia de intensidad entre los tonos.

Resumiendo: El modelo de actualización del ambiente nos indica que la P300 es producida por un proceso asociado con el mantenimiento del modelo del contexto en la memoria. La asociación de la P300 con la novedad, su dependencia de la relevancia del estímulo para la tarea del sujeto y la probabilidad subjetiva acerca de un evento, sugiere que la producción de la P300 se relaciona con el procesamiento de la información medioambiental en base a las expectativas del sujeto y a la utilidad del estímulo. Por lo tanto podemos suponer que el estudio de las características de esta onda (latencia, amplitud y topografía) nos permitirán evaluar el funcionamiento cerebral asociado a las tareas que requieren la participación de la memoria para su correcta ejecución.

Existen numerosas investigaciones que han puesto de manifiesto la utilidad de la P300 para evaluar la integridad y la capacidad de la memoria a corto plazo. Polich y cols. (1983), observaron que la P300 guarda una estrecha relación con la capacidad de la memoria a corto plazo, encontrando mayores latencias en la P300 asociadas a menores puntajes en el subtest de dígitos del WAIS. Otros autores han utilizado la latencia de la P300 para estudiar la integridad del sistema de memoria y las alteraciones cognitivas que se presentan en padecimientos tales como la demencia (Maurer y cols., 1988), esquizofrenia (Duncan-Jhonson, C.C, 1988) y dislexia (Taylor y Keenan, 1990), encontrando casi siempre una disminución de su amplitud y/o aumento de su latencia. De esta manera, la latencia de la P300 se ha tomado como un índice (independiente del tiempo de reacción) del tiempo que tarda el cerebro en la evaluación de un estímulo y su amplitud como una medida de la actividad generada por el proceso que subyace a la actualización del ambiente en la memoria. Asimismo, en años recientes ha surgido un marcado interés por estudiar

también la topografía de la P300, toda vez que existen razones fundadas para esperar que estos estudios coadyuven a encontrar los posibles generadores corticales de dicha onda.

La tabla 2 resume los procesos con los que se han relacionado los componentes de los PREs antes descritos.

PREs EN NIÑOS

Todos estos componentes se han estudiado ampliamente en el caso de los adultos, sin embargo, en el caso de las investigaciones realizadas en niños existen pocos trabajos en donde simultáneamente se hayan estudiado los componentes de latencia larga como la N100, P200 y N200, y se haya registrado un suficiente número de derivaciones para poder efectuar un análisis topográfico de la P300.

Así, se ha mostrado que la latencia de la P300 y de la N200 están en relación directa con la dificultad de la tarea (Taylor, 1988) y en relación inversa con la capacidad de la memoria y con la edad (Polich y cols., 1990; Taylor, 1988; Taylor y Keenan, 1990), Johnson, (1989) sin embargo, solamente encontró este resultado para la P300. Asimismo, Taylor y Keenan (1990) encontraron mayores amplitudes para las tareas de más dificultad que en las fáciles en las regiones anteriores, pero mayor amplitud en las regiones posteriores a las tareas más fáciles. En el caso de los componentes más tempranos existe aún mucha controversia. Polich y cols. (1990) no encontraron ninguna relación entre estos componentes y la capacidad de la memoria, mientras que Johnson (1989), estudiando a un grupo de mujeres con edades entre 7 y 20 años encontró una mayor amplitud de la N100 auditiva y P200 visual en tareas de tiempo de reacción que en tareas de conteo simple, así como una interacción tarea x derivación en todos los componentes tempranos auditivos y en la N200 visual. Estos estudios permiten suponer que los componentes tempranos también juegan un papel en el procesamiento cognoscitivo de la información.

TABLA 2. PROCESOS ATRIBUIDOS A LOS COMPONENTES DE LOS PRES.

COMPONENTE Y DIST. TOPO.	PROCESO RELACIONADO
<p>N 100 Dist. fronto-central</p>	<p>ATENCION SELECTIVA (Elbert, 1992; Loveless, 1983). La N100 a estímulos visuales se ha estudiado más en relación a la estimulación viso-espacial, (Hillyard y cols. (1978) La N100 auditiva no refleja un único proceso cerebral y se postulan 6 distintos procesos que contribuyen a su aparición 3 son considerados como los verdaderos componentes N100, el resto, podrían ser independientes. 1.-Aumenta de amplitud cuando aumenta la intensidad del estímulo; 2.-es bifásico (P100-N150) se registra con una amplitud máxima en las derivaciones temporales medias; 3.- es una onda negativa en el vértex que ocurre a los 100 ms, aumenta de tamaño aumentando el intervalo interestímulo. Se registra más fácilmente a intensidades >60 dB y a ISI > 4-5 seg. (Naatanen y Picton, 1987).</p>
<p>P200 Dist. central</p>	<p>ATENCION (?) P200 aumenta con la intensidad del estímulo (Hillyard y Picton, 1987). P200 aumenta en función de las demandas de atención de la tarea ejecutada (Johnson, 1989). En niños con DL P200 de mayor amplitud respecto a los normales.(Stelmack y cols., 1988, Holcomb y cols., 1986).</p>
<p>N200 Visual: preoccipital. Auditiva: vértex</p>	<p>PROCESO DISCRIMINATIVO DE RESPUESTA AUTOMÁTICA A LOS CAMBIOS AMBIENTALES participa en la iniciación de la respuesta de orientación (Naatanen and Michie en N.E. Loveless, 1983); proceso psicológico asociado a la selección del estímulo blanco (Donchin y cols., 1978), o a la discriminación de estímulos (Satterfield y cols., 1990).</p>
<p>P300 Visual: parietal. Auditiva: Central.</p>	<p>PROCESO COGNOSCITIVO ENCARGADO DE LA ACTUALIZACION DE LA MEMORIA (Donchin y Coles 1968).</p>

Los estudios en donde se comparan los PRES a estímulos visuales vs. auditivos en niños en edad escolar, también son escasos. Johnson (1989), analizó la topografía, latencia y amplitud de la P300 a estímulos auditivos (2 tonos de distinta frecuencia) y visuales (dos letras distintas) en un grupo de sujetos del sexo femenino con un rango de edad entre 7 y 20 años. Asimismo estudió los componentes N100, P200 y N200. Los registros se efectuaron en las derivaciones F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz y P4. Los resultados mostraron gran variabilidad en la latencia de la P300 en ambas modalidades sensoriales pero más en la visual, con una tendencia a disminuir la latencia conforme aumenta la edad. Asimismo, se

observó una latencia más demorada para la P300 visual que para la auditiva (480 ms vs. 459 ms respectivamente) y un ritmo más rápido en la disminución de la latencia con la edad para las respuestas a los estímulos auditivos. La comparación de la amplitud entre las P300s a ambas modalidades sensoriales mostró, en general una mayor amplitud en las respuestas al estímulo visual con respecto a las del estímulo auditivo. En ambas modalidades hubo una disminución estadísticamente significativa de la amplitud de P300 conforme aumenta la edad durante la ejecución de tareas en las que se medía el tiempo de reacción. Además, se presentaron diferencias topográficas mostrando una mayor amplitud para el estímulo visual que para el auditivo en las regiones frontales y centrales. Estos datos sugieren la posibilidad de que diferentes fuentes bioeléctricas intracraneales sean las responsables de la aparición de la P300 visual y la auditiva. En el caso de los componentes tempranos, se observó la misma distribución topográfica tanto para el estímulo visual como para el auditivo (N100: Cz = Fz > Pz; P200: Cz > Pz > Fz y N200 Fz > Cz > Pz). Sin embargo, la comparación de la amplitud entre los componentes tempranos de los PRES auditivos vs. los visuales mostró una P200 mas grande y los componentes N100 y N200 visuales más pequeños que los mismos componentes auditivos.

PRES EN NIÑOS CON PROBLEMAS EN LA LECTURA

En los niños con problemas de lectura casi todos los estudios se han realizado en niños disléxicos analizándose los componentes que ocurren antes de la P300 o ésta misma onda por separado. Cuando se han estudiado ambos tipos de componentes, no se incluyen todos los componentes de latencia larga anteriores a P300.

En gran parte de los trabajos en donde se han estudiado algunos de los componentes de los PRES que se presentan dentro de los primeros 250 ms se ha encontrado que los sujetos normales muestran mayores amplitudes y/o menores latencias en estos componentes que los sujetos disléxicos, aunque existen algunos estudios contradictorios. Connors (1971), utilizando destellos luminosos, encontró menores amplitudes en la región parietal izquierda en sujetos disléxicos con relación

a sujetos normales. Los mismos resultados fueron encontrados por Preston y cols. (1974). Preston y cols. (1977), sin embargo, sólo encontraron una P200 de menor tamaño en un grupo de niños disléxicos en comparación a un grupo control. Shields (1973) y Weber y Omenn (1977) solamente encontraron latencias más demoradas en los componentes de los PREs visuales y estos últimos autores también en los auditivos. Finalmente Sobotka y May (1977) presentaron resultados contrarios a los anteriores en un estudio de los PREs visuales en un grupo de niños disléxicos y otro control, encontrando básicamente una amplitud mayor en los componentes de estos potenciales en los disléxicos que en los sujetos control. Pinkerton y cols. (1989) encontraron una disminución en la amplitud de la N100 y la N200, así como en la latencia de este último componente en los niños disléxicos en relación con niños normales.

En otros estudios se han encontrado menores amplitudes en los componentes tardíos de las derivaciones del hemisferio izquierdo de niños disléxicos (Ahn, 1977) o en los componentes tardíos de ambos hemisferios (Johnstone y cols., 1984). Otros investigadores han encontrado una falta de especialización hemisférica en los niños con problemas en la lectura vs. niños control (Preston y cols., 1977). Cohen y Breslin (1984) utilizaron como estímulos destellos luminosos y letras o destellos y palabras, encontrando que en el caso de los niños con problemas en el aprendizaje el hemisferio cerebral izquierdo respondía de igual manera ante los estímulos lingüísticos que ante los destellos luminosos, no así en el caso de los sujetos control en quienes se observó mayor amplitud ante los lingüísticos que ante los flashes en el hemisferio izquierdo, o menores correlaciones intrahemisféricas a los estímulos lingüísticos que a los flashes en este mismo hemisferio cerebral.

Más recientemente Bernal y cols. (1990), realizaron un estudio en donde registraron los potenciales evocados visuales en niños con diferente evaluación en una prueba de lecto-escritura, encontrando que los niños con evaluaciones más bajas tenían menor potencia en los componentes tardíos en la región temporal posterior izquierda y en las regiones parietales de ambos hemisferios cerebrales, en

relación con los niños con evaluaciones más altas. Asimismo, Bernal y cols. (1992), encontraron una correlación positiva alta entre los valores de potencia de los potenciales evocados visuales registrados en P3, P4, T5 y T6 y los coeficientes y el número de respuestas correctas en pruebas de memoria y atención selectiva.

En los experimentos en donde se han estudiado algunos componentes de latencia larga de los PREs al mismo tiempo que la P300, los resultados tampoco han sido muy consistentes. Brying y Järviheleto (1985) encontraron una disminución en la amplitud de N100 y aumento en la latencia de la P200 en Cz así como una disminución de la amplitud de la P300 auditiva en los niños disléxicos en relación a los controles.

En dos estudios, Holcomb (1985, 1986) estudió la N200 y la P300 visual y auditiva en una muestra de 24 niños con trastornos de la lectura y 24 niños de un grupo control, utilizando estímulos visuales verbales y no verbales y tonos de 1000 Hz (estímulo blanco), 2000 Hz (estímulo estándar) y un sonido sorpresivo de 70 decibeles. En este experimento los sujetos tenían que presionar un botón cada vez que escuchaban o veían el estímulo blanco y recibían o perdían una recompensa según ejecutaran bien o mal la tarea. Los resultados encontrados fueron básicamente una amplitud mayor de la P300 en Pz en el grupo control que en el grupo con LD durante la estimulación auditiva, mientras que en la visual la única diferencia consistió en que los niños con LD presentaron menores amplitudes de la P300 a los estímulos alfabéticos que a los no alfabéticos, mientras que los niños del grupo control mostraron iguales amplitudes a ambos tipos de estímulo. Los resultados en la amplitud de la P300 se interpretaron como una menor disponibilidad de los recursos de atención por parte de los niños disléxicos o como una falla en la orientación de la atención. En el caso de la estimulación auditiva, en donde también se estudiaron la N100 y la P200, se encontró que la primera no mostró diferencias entre grupos, mientras que en la P200 registrada a los estímulos inesperados, el grupo con LD mostró mayores amplitudes en Cz que el grupo control.

Stelmack y cols. (1988) encontraron resultados distintos utilizando un paradigma de reconocimiento de palabras: no encontraron ninguna diferencia ni en

amplitud ni en latencia de la P300 visual entre sujetos normales y disléxicos, solamente encontraron una tendencia muy marcada en este último grupo a presentar mayor amplitud en el componente P200, asociado a una ejecución más deficiente en las pruebas de reconocimiento de palabras.

Posteriormente, Taylor y Keenan (1990), encontraron mayores latencias en la N200 y la P300 a estímulos visuales en tareas fáciles de decisión léxica en un grupo de niños disléxicos en comparación con un grupo control, mientras que en tareas de mayor dificultad el grupo control obtuvo mayor amplitud que el grupo de disléxicos en las regiones centrales y posteriores. Aunque estos autores estudiaron bastantes derivaciones, el mapeo de la P300 no fue suficiente ya que no estudiaron la totalidad de las derivaciones del sistema internacional 10/20, faltando las regiones posteriores como O1 y O2, y frontales como FP1, Fp2, F7 y F8.

Finalmente entre los estudios que solamente han considerado el análisis de la P300 tenemos los siguientes:

Dainer y cols. (1981) estudiaron la P300 visual en un grupo de 19 niños con problemas de aprendizaje a quienes aplicaron 2 pruebas de ejecución continua de diferente grado de dificultad, y observaron que estos niños presentaron una P300 más pequeña y de mayor latencia que los niños normales en la tarea difícil.

Por otra parte, Erez y Pratt (1992) estudiaron un grupo de niños disléxicos y otro control utilizando como estímulos auditivos tonos y 2 sílabas sin sentido de dos letras, encontrando una P300 de menor tamaño en el grupo de disléxicos.

En un estudio reciente, Barnea y cols. (1994), encontraron resultados distintos a los anteriores. Estudiaron la P300 registrada en las derivaciones Fz, Cz, Pz, F3, F4, C3, C4, T3 y T4 en un grupo de niños disléxicos y otro control con edades entre 9 y 13 años. Estos autores utilizaron un paradigma similar al utilizado por Stemberg (1966) y presentaron estímulos visuales verbales (dígitos) y no verbales (símbolos que no podían nominarse). La tarea de los sujetos consistió en recordar conjuntos de 1, 2 y 3 estímulos y posteriormente tenían que decidir si un estímulo de prueba presentado después de 2 seg. pertenecía o no al conjunto de

estímulos previamente presentado. Los resultados más importantes en este estudio fueron que los niños disléxicos presentaron amplitudes más grandes y latencias más prolongadas comparadas con las del grupo control. En este último grupo las amplitudes a los estímulos verbales fue significativamente mayor que a los no verbales, sucediendo lo contrario en el caso de los niños disléxicos. El mismo efecto se encontró para las amplitudes de la P300 de los estímulos de prueba presentados después de los conjuntos de 2 y 3 estímulos. Asimismo, se observaron P300s de mayor amplitud en la región central izquierda que en la derecha en el grupo control, observándose lo contrario en el caso del grupo de disléxicos. Finalmente, en las regiones frontales las P300s del lado derecho fueron de mayor amplitud en ambos grupos, mientras que en las temporales fueron de mayor tamaño en el lado izquierdo también en ambos grupos de niños.

La información anterior aparece resumida en la Tabla 3.

Así, a pesar de que los resultados encontrados en los niños disléxicos son en ocasiones contradictorios, existe evidencia de que los PREs pueden aportar datos acerca de las posibles anomalías electrofisiológicas presentes en este grupo de niños.

TABLA 3: ESTUDIOS CON PREs EN NIÑOS CON TRASTORNOS DE LECTURA.

AUTOR	SUJETOS	PARADIGMA	DERIVACIONES	RESULTADOS
Conners (1971)	Niños disléxicos (8 - 12 años)	Destellos luminosos.	Parietal y occipital, ambos hemisferios	Menor amplitud del componente negativo en los 200ms en la región parietal izquierda en disléxicos.
Preston y cols. (1974)	Niños disléxicos	Destellos luminosos palabra este	Giro angular izquierdo	Menor amplitud del componente negativo en los 180ms. Mayor amplitud para palabras que para destellos en disléxicos
Preston y cols. (1977)	Adultos disléxicos	Destellos luminosos y palabras de 3 letras	Parietal	P200 de menor tamaño en disléxicos.
Shields (1973)	Niños disléxicos (10 - 13 años)	Destellos luminosos, fotos, palabras, dibujos	Regiones centrales de ambos hemisferios	Mayores latencias y amplitudes en los componentes de los PREs visuales.
Weber y Ormenn (1977)	Niños disléxicos de una familia	Estímulos auditivos y visuales	Regiones parietales de ambos hemisferios	Mayores latencias de los PREs visuales y auditivos en los disléxicos.
Sobotka y May (1977)	Niños disléxicos (7 - 13 años)	Destellos luminosos	O1-O2, P3-P4	Amplitud mayor en los componentes de de los PREs visuales y asimetría derecha > izquierda en disléxicos.
Pinkerton y cols. (1989)	Niños disléxicos	Tonos	C3, C4, T3, T4	Disminución en la amplitud de la N100, N200 y en la latencia de N200 en disléxicos.
Ahn (1977)	Niños con trastornos en el aprendizaje de la lectura y la aritmética	Letras: b, d, p, q, figuras, hojas en blanco	Todas las derivaciones del sistema 10-20	Resultados similares para todos los estímulos visuales. Menor amplitud en los componentes tardíos en las derivaciones del hemisferio izquierdo en disléxicos
Johnstone y col. (1984).	Niños disléxicos	Est. visuales de prueba durante la lectura oral y en silencio con dos niveles de dificultad	Centrales, parietales, temporales	Disminución de la amplitud de los componentes de 250-350ms en disléxicos en la lectura más difícil.
Cohen y Breslin (1984)	Niños con trastornos en la lectura.	Destellos luminosos y estímulos verbales	Centrales, parietales y occipitales	El grupo control presentó asimetría en (I-D) para estímulos verbales, mientras que los niños con problemas en el aprendizaje no presentaron dicha asimetría.

TABLA3 (Continuación)

Bernal y cols. (1990)	Niños con diferente nivel de rendimiento en lectoescritura	<u>Distintos hemisferios y patrón visual</u>	Regiones frontales, centrales, parietales y occipitales	Los niños con menor rendimiento en lectura tenían menor potencia en los componentes tardíos en la región temporal posterior izquierda y en las regiones parietales de ambos hemisferios cerebrales
Brying y Järviö (1985)	Niños con diferente rendimiento en una prueba de deletreo	Estímulos auditivos y visuales	Línea media	Disminución en la amplitud de N100 y aumento en la latencia de la P200 en Cz. Disminución de la amplitud de la P300 auditiva en distléxicos.
Holcomb (1985, 1986)	Normales, hiperactivos, con déficit de atención y distléxicos.	Estímulo alfabético vs no alfabético y tonos	Línea media	En la estimulación auditiva: amplitud mayor de la P300 en Pz en el grupo control vs distléxicos, y mayor amplitud de N100 y P200 en Cz en distléxicos vs normales. En la visual los distléxicos presentaron menores amplitudes de la P300 a los estímulos alfabéticos vs los no alfabéticos, mientras que los normales mostraron igual amplitud a ambos tipos de estímulo.
Dainer y cols. (1981)	Niños con problemas de aprendizaje	<u>Estímulos alfabéticos visuales.</u> Tareas de ejecución continua.	Cz y Pz	Menor amplitud y mayor latencia en los niños con trastornos de aprendizaje.
Taylor y Keenan (1990)	Niños distléxicos	Tareas de decisión léxica con dos niveles de dificultad. <u>Estímulos visuales</u>	Todas las derivaciones del sistema 10-20	Mayor latencia de N200 y P300 en tarea fácil en distléxicos vs grupo control y mayor amplitud de los mismos componentes en el grupo control en regiones centrales y posteriores en la tarea difícil. Distribución topográfica diferente, grupo control mayor amplitud en regiones centrales y posteriores, distléxicos en las regiones frontales.
Erez y Pratt (1992)	Niños distléxicos	Estímulos auditivos verbales y no verbales.	Línea media	P300 de menor amplitud en el grupo de distléxicos.
Barna y cols. (1994)	Niños distléxicos	Estímulos verbales y no verbales. Est. de prueba.	Frontales centrales y parietales	Mayores amplitudes y latencias en distléxicos vs grupo control. Asimetría verbal > no verbal en grupo control y patrón opuesto en distléxicos. Para los estímulos de prueba se encontró el mismo efecto y asimetría C3 > C4 en el grupo control y el patrón opuesto en los distléxicos.
Steinack y cols. (1988)	Niños con trastornos de la lectura	Tarea de lectura y reconocimiento de palabras. <u>Estímulos visuales</u>	Línea media y temporales ant.	P200 de mayor amplitud en los distléxicos tanto en tarea de lectura como en la de reconocimiento, asociada a ejecución más deficiente en las pruebas de reconocimiento de palabras.

Es posible que los resultados contradictorios observados en los estudios de los PREs en sujetos disléxicos puedan deberse a diferentes criterios de selección de la muestra. Por ej. en 16 estudios en donde se ha tratado de caracterizar a los sujetos disléxicos con base en sus PREs, en seis han usado el WRAT (Holcomb, Ackerman y Dyckman, 1985; Olló y Squires, 1986; Taylor y Keenan, 1990; Steimack y cols. 1988; Preston y cols., 1977; Sobotka y May, 1977), en uno el Boder Test of Reading/Spelling Patterns (Harter y cols., 1989), en otros 2 el criterio de padres y maestros (Erez and Pratt, 1992; Pinkerton y cols, 1989); en otros seis no se especifican o no queda clara la información sobre las pruebas utilizadas para seleccionar a las muestras (Barnea y cols., 1994; Shields, 1973, Symann-Lovett y cols., 1977; Duffy, 1986, Weber y Omenn, 1977; Conners, 1971), Byring y Järvilheto (1985) los clasificaron por el número y tipo de errores en una prueba de ortografía y finalmente; Dainer y cols. (1981) utilizaron una de las siguientes pruebas: Spache, Woodcock, Gates-Mckillop, Keymath o WRAT. Sumado a esto, los puntajes utilizados para seleccionar a los disléxicos varían desde uno hasta más de 2.5 años por debajo del nivel de lectura esperado para su edad. Por lo tanto se puede decir que no está claro si los sujetos en estos estudios realmente eran sujetos disléxicos (de acuerdo al criterio de Rayner y Pollatsek, 1989) o si eran lectores deficientes. En consecuencia, los sujetos en estos estudios pueden diferir en sus características cognoscitivas y en el grado de sus deficiencias en la lectura, lo que podría explicar estos resultados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con base en la literatura revisada se tomaron en consideración los siguientes puntos para plantear la necesidad de estudiar las alteraciones cognoscitivas presentes en los niños con trastornos de lectura por medio del estudio de los potenciales relacionados a eventos.

- 1) La exploración neuropsicológica de los niños con trastornos de lectura permite suponer que una proporción significativa de esta población presenta deficiencias en

el funcionamiento de la memoria a) auditiva, b) visual y c) ambas. Existe evidencia de que estas fallas pueden presentarse específicamente en la memoria de trabajo.

- 2) Los PREs son una herramienta útil en el estudio de los procesos cognoscitivos involucrados en el procesamiento de la información, particularmente en los procesos asociados a la memoria.
- 3) Hasta ahora la mayoría de los estudios con PREs se han realizado en niños disléxicos, los cuales presentan dificultades extremas para la lectura y forman un porcentaje reducido en la población de niños con trastornos de la lectura, en donde los casos más abundantes podrían corresponder a la clasificación de lectores deficientes. Asimismo, en los estudios anteriormente citados, los criterios de selección de las muestras no siempre son uniformes, de tal manera que esto dificulta la distinción de estas dos poblaciones de niños con trastornos en la lectura.
- 4) Es posible que el estudio de la distribución topográfica y de la latencia y amplitud de la P300 en niños con trastornos de lectura y su comparación con los niños normales nos permita establecer las regiones cerebrales que pudieran estar alteradas en estos últimos y al mismo tiempo aportar elementos para establecer el probable mecanismo neurofisiológico involucrado en estas alteraciones. Sin embargo, hasta el momento los estudios efectuados no han utilizado la totalidad de las derivaciones incluidas en el Sistema Internacional 10/20, por lo que no ha sido posible establecer dicha topografía.
- 5) Son muy pocos los trabajos en donde se hayan estudiado al mismo tiempo los componentes que ocurren antes de los 250 ms y la P300 en niños normales y en niños con trastorno de lectura.

Basados en estos puntos, en el presente trabajo se estudió la P300 a estímulos visuales y auditivos que no involucran la lectura en un grupo de niños lectores deficientes y otro de niños normales, poniendo particular énfasis en la amplitud, latencia y topografía de dicha onda. Adicionalmente se estudiaron los componentes N100, P200 y N200 que usualmente se presentan asociados a la P300.

OBJETIVOS

Comparar la latencia, amplitud y topografía de la P300 a estímulos visuales y auditivos en dos grupos de niños: uno normal y otro de lectores deficientes. Asimismo, se comparará la amplitud y latencia de la N100, P200, y N200 entre ambos grupos.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, de las evaluaciones neuropsicológicas realizadas en niños con deficiencias en la lectura, podemos suponer que los niños LD presentan deficiencias en la memoria operativa. Si esta suposición es cierta, podemos pensar que el estudio de la P300 en estos niños nos proporciona una oportunidad para evaluar el funcionamiento de la memoria de trabajo ya que Donchin (1988) ha propuesto que el proceso subyacente a dicha onda es la actualización de la memoria la cual se lleva a cabo en la memoria de trabajo. Tomando en consideración el modelo anterior, P300 podría tener una latencia mayor y/o una amplitud menor en los niños LD, en comparación con la P300 de los niños normales. Asimismo, de acuerdo a Courchesne (1983) y Donchin, (1986) se puede suponer que si las diferencias entre los niños de estos grupos se debieran a distintas estrategias cognitivas en el proceso de actualización de la memoria, entonces también se observarían cambios en la topografía de dicha onda. Estas alteraciones podrían presentarse en la P300 visual, auditiva o ambas.

Otra hipótesis que se puede proponer es que si los problemas en la lectura de los LD se deben a procesos cognoscitivos alterados que ocurren antes de los 300 ms después de que se da el estímulo, se podrían esperar alteraciones en los componentes de los PREs que ocurren durante este tiempo. Particularmente podría esperarse algún cambio en la amplitud de la P200 y/o en la N100 ya que se ha mostrado que ambos componentes están relacionados con procesos de atención, que es otro de los aspectos en el cual los niños con trastornos de lectura presentan deficiencias.

MATERIAL Y MÉTODOS

SUJETOS

Los sujetos empleados en este estudio fueron 40 niños diestros de 10-12 años de edad. 20 niños se encontraban cursando la primaria en una escuela oficial con buenas calificaciones (promedios de 8 a 10 puntos de calificación) y fueron los que constituyeron nuestro grupo control. Los otros 20 niños también se encontraban cursando la educación primaria en una escuela oficial, pero el 69 % de estos niños habían reprobado por lo menos un año y al momento del estudio el 100 % de ellos presentaban un rendimiento deficiente en prácticamente todas las áreas académicas y había sido necesario que además de la primaria normal, asistieran a un centro psicopedagógico para que llevaran una instrucción primaria adecuada a su rendimiento académico.

Tanto los niños del grupo control como los del grupo experimental presentaron un C.I. > 82 según la prueba de inteligencia WISC-RM y la exploración neurológica, efectuada por un especialista, mostró que todos los niños estaban sanos.

Para seleccionar a los niños con base en sus habilidades para la lectura, se les aplicó una batería para el estudio de los trastornos de la lectura (BTL) cuyos resultados son descritos en Silva y cols. (1994) y otra batería para medir habilidades de lectura diseñada por Ostrosky y cols. (1984). La tabla 4 muestra los subtests de la BTL en donde se observaron diferencias con el MANOVA. Esta batería está compuesta por 8 tareas: lectura de palabras, comprensión de lectura, nominación de figuras, ordenamiento de oraciones, completamiento de oraciones, categorización fonológica de figuras, categorización fonológica de palabras y percepción de rasgos. Puede apreciarse que las ejecuciones de los LD fueron estadísticamente inferiores a las de los niños del grupo control en cada tarea (Silva y cols. 1994). En promedio los niños del grupo experimental estuvieron entre 1-2 desviaciones estándar por debajo de los puntajes de los niños del grupo control. Los resultados de la prueba de Ostrosky y cols. (1984) mostraron esencialmente lo mismo que la BTL, por lo tanto

se puede considerar que los niños del grupo experimental constituyen un grupo de lectores deficientes.

TABLA 4 MANOVA DE LAS TAREAS DE LA BTL DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS		
TAREA	P<	DIFERENCIA
LECTURA DE PALABRAS	0.0001	NR > LD
COMPRESION DE UN TEXTO	0.0001	NR > LD
NOMINACION DE FIGURAS	0.0006	NR > LD
ORDENAMIENTO DE ORACIONES	0.0001	NR > LD
COMPLETAMIENTO DE ORACIONES	0.0001	NR > LD
CATEGORIZACION FONOLOGICA DE FIGURAS	0.0001	NR > LD
CATEGORIZACION DE PALABRAS	0.0001	NR > LD
PERCEPCION VISUAL	0.0038	NR > LD

> significa mejores ejecuciones (menos errores y TR más rápidos); LD= lectores deficientes; NR= normales.

PARADIGMA DE ESTIMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA P300.

El paradigma de estimulación utilizado fue del tipo "oddball", obteniéndose separadamente la P300 a estímulos visuales (cuadros y triángulos) y tonos (1000 y 3000 Hz). En cada modalidad sensorial uno de los estímulos se presentó con una probabilidad del 80% (estímulo frecuente) y el otro con probabilidad del 20% (estímulo infrecuente). La presentación de los estímulos se hizo en forma contrabalanceada (para la mitad de los sujetos de ambos grupos el cuadrado o el tono de 1000 Hz fue el estímulo infrecuente y para la otra mitad el triángulo o el tono de 3000 Hz) y azarosa, de acuerdo a una secuencia de estimulación que

comprendió 3 bloques de 70, 80 y 110 estímulos para la estimulación visual y valores similares para la estimulación auditiva. La duración de cada estímulo visual fue de 200 ms y la del auditivo de 50 ms; el tiempo interestímulos para los visuales y auditivos fue de 2-2.5 seg.

La tarea asignada a los sujetos fue la de contar el estímulo blanco. Cada sesión comenzaba con un entrenamiento durante el cual el niño aprendía a reconocer este estímulo.

MÉTODO DE REGISTRO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Los estímulos visuales se presentaron por medio de un monitor de computadora estando el sujeto cómodamente sentado frente al monitor, a una distancia de 90 cm y con la luz apagada. Los estímulos auditivos también fueron generados por la computadora y se presentaron por medio de audífonos. Los registros de los PREs se hicieron en forma monopolar en las 19 derivaciones del sistema internacional 10-20 vs. A1-A2, usando un sistema de registro Medicid-3M con amplificadores de .5 - 30 Hz de ancho de banda. El intervalo de muestreo fue de 4 ms y se registró una época de 1024 ms con un intervalo preestímulo de 100 ms. La selección de los segmentos se hizo fuera de línea por inspección visual, rechazándose todos los segmentos con movimientos oculares detectados en las regiones frontopolares y/o con corriente directa (DC) o cuando la actividad registrada sobrepasaba los 50 microvolts en cualquier derivación. Con los segmentos de EEG seleccionados se promediaron por separado las respuestas a los estímulos frecuente e infrecuente correspondientes a cada modalidad sensorial. Cada PRE se obtuvo a partir de 12 segmentos como mínimo, toda vez que se ha reportado un mínimo de 10 segmentos de EEG para obtener un PRE aceptable (Taylor y Keenan, 1990).

Una vez corregido el DC, se midió la amplitud de los componentes N100, P200, N200 y P300 a los estímulos frecuente e infrecuente de cada modalidad sensorial, lo que se hizo tomando como punto de referencia el promedio de las amplitudes del tiempo pre-estímulo. La P300 se definió como el pico más positivo

entre los 280 y los 700 ms en los PREs obtenidos en Pz al estímulo infrecuente. Un procedimiento similar se siguió para la identificación de los demás componentes, sólo que en estos casos las derivaciones analizadas fueron solamente aquellas en donde dichos componentes se observaron más claramente en los grandes promedios, tomando en consideración su morfología y su polaridad.

Se elaboraron mapas de voltaje para la P300 considerando una ventana de 50 ms a la izquierda y a la derecha del pico de P300 para los PREs a los dos tipos de estímulo, (frecuente e infrecuente) y en la onda diferencia (PRE al estímulo infrecuente menos PRE al estímulo frecuente). Posteriormente estas ondas diferencia se escalaron utilizando la fórmula de McCarthy y Wood (1985) con la finalidad de elaborar los mapas topográficos por cada grupo y hacer comparaciones entre estas topografías.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de saber si hubo diferencias intragrupo por modalidad sensorial en la amplitud de los componentes N100, P200, N200 y P300 obtenidos a los estímulos frecuente vs. infrecuente, se utilizó un análisis de pruebas t con permutaciones para muestras dependientes (Galán, 1993) con los promedios de los siguientes intervalos y derivaciones:

PREs visuales:

P200:(212-244 ms en ambos grupos) Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, F8, T3, T4, Fz, Cz y Pz.

N200 (324-356 ms en el grupo control y de 364-396 ms en el grupo con LD): C3, C4, P3, P4, O1, O2, Cz y Pz.

P300 (432-532 ms): las 19 derivaciones.

PREs auditivos:

N100 (92-108 ms en ambos grupos): Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T4, Fz, Cz y Pz.

P200 (152-184 ms en ambos grupos): Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz y Pz.

N200 (224-256 ms en ambos grupos): Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz y Pz.

P300: las 19 derivaciones.

Asimismo, se hicieron comparaciones entre grupos por modalidad sensorial en los componentes N100, P200, N200, y la topografía y amplitud de la P300 (medida en la onda diferencia, y en los PREs a los estímulos frecuente e infrecuente), utilizando el análisis de pruebas t con permutaciones para muestras independientes (Galán, 1993). Este procedimiento se usó debido a que es un análisis estadístico no paramétrico, que permite trabajar con muestras pequeñas y manejar gran número de variables de naturaleza multivariada.

RESULTADOS

Durante la fase de entrenamiento todos los niños aprendieron a discriminar el estímulo infrecuente, realizándose el conteo de este estímulo sin errores tanto en el grupo control como en el experimental.

PREs VISUALES

Grupo control

En la figura 1 se muestran los potenciales a los estímulos frecuente e infrecuente del grupo control en C3, C4, P3, P4, O1, O2, T5, T6, Fz, Cz y Pz, por ser los lugares en donde se aprecian mejor los componentes de los PREs. Estos potenciales corresponden al gran promedio obtenido a partir de 17 niños (8 niños y 9 niñas) ya que de los 20 niños registrados, en 3 no se observó la P300. En ambos potenciales se puede apreciar un componente exógeno positivo (P100) alrededor de los 100 ms en las regiones occipitales y temporales posteriores, indicando una buena respuesta a la estimulación visual. En seguida aparece un componente negativo (N100) que se observa también en el resto de las derivaciones. Una onda positiva que aparece a los 228 ms (P200) se observó en las regiones frontales, centrales, parietales y occipitales. Posteriormente aparece un componente negativo a los 340 ms (N200) que se aprecia mejor en las mismas regiones. No se observaron diferencias significativas entre las respuestas a los estímulos frecuente vs. infrecuente, en P100, P200, y N200.

Finalmente, hacia los 476 ms aparece el componente P300. Esta onda positiva se muestra en todas las derivaciones excepto en las regiones frontales. Puede observarse que la P300 dura más en las derivaciones temporales posteriores y occipitales (aproximadamente 400 ms) mientras que en las demás regiones su duración es de 250 a 300 ms. La comparación entre las respuestas a los estímulos frecuente vs. infrecuente en la ventana de 432-532 ms, mostró una respuesta mayor para el estímulo infrecuente en C3, C4, P3, P4, O1, O2, T5, T6, CZ y PZ; $P < 0.008$ por derivación y $P = 0.0009$ global (figura 2).

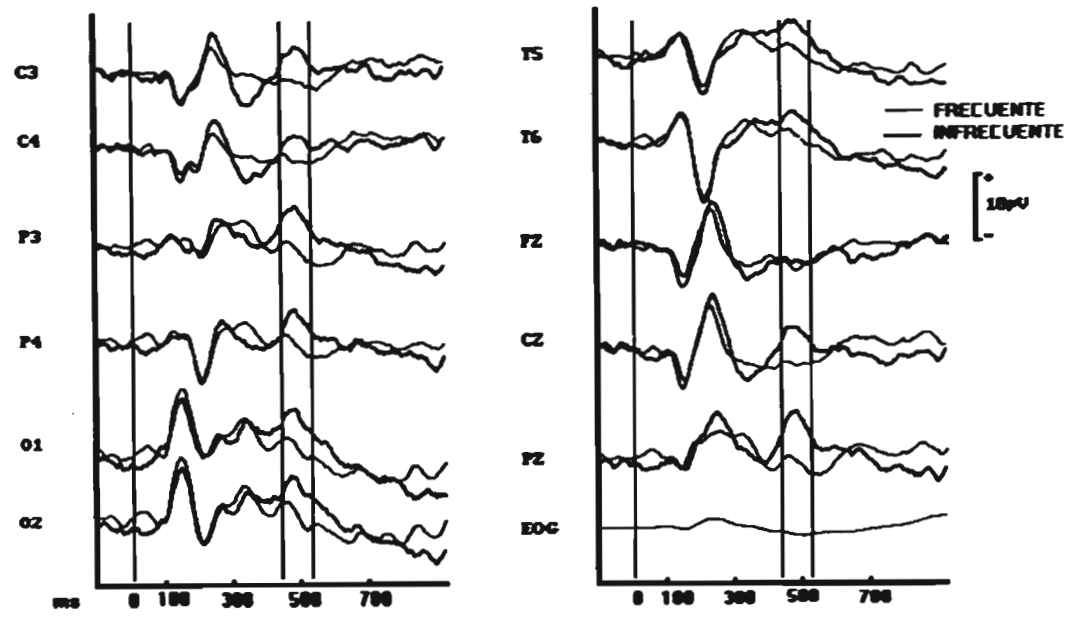


Fig. 1. Se muestran los PREs visuales a los estímulos frecuente e infrecuente en el grupo control. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo y los cursores del lado derecho muestran la ventana de análisis de la P300.

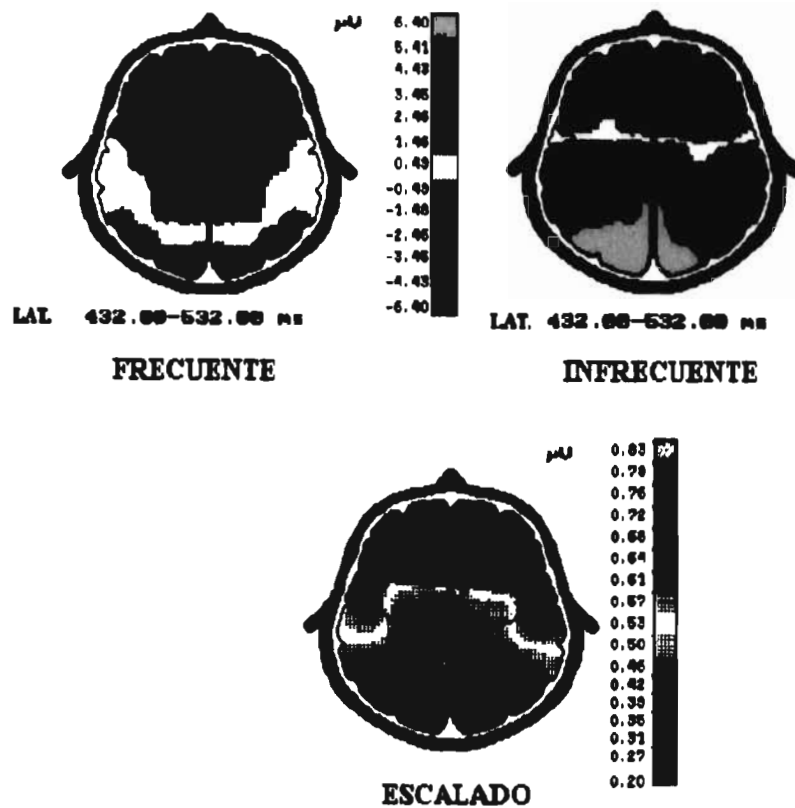


Fig. 2. Mapas de voltaje de la P300 visual en el grupo control. La figura superior izquierda muestra el mapa para la respuesta al estímulo frecuente; la figura superior derecha es el mapa para la respuesta al estímulo infrecuente. La figura inferior es el mapa escalado de las diferencias entre el voltaje obtenido en el PRE al estímulo infrecuente - el voltaje obtenido en el PRE al estímulo frecuente.

Grupo de LD

Las respuestas observadas en el grupo con LD se pueden apreciar en la figura 3. En este grupo los componentes P100 y P200 aparecieron con la misma latencia y con la misma distribución topográfica que en el grupo control mientras que N200 apareció con un retraso de 40 ms; el análisis estadístico no mostró diferencias en amplitud entre las respuestas a los estímulos frecuente vs infrecuente en estos componentes.

La P300 presentó su pico máximo en Pz a los 452 ms. Al igual que en el grupo control, la duración de la onda en las regiones temporales posteriores y occipitales fue mayor que en las demás derivaciones. Asimismo, las diferencias en la amplitud entre estímulos (frecuente vs infrecuente) fueron significativas en forma global ($p = 0.0009$) y en las derivaciones parietales, temporales posteriores y occipitales el nivel de significación fue de $p = 0.0009$. En las regiones centrales solamente se observaron diferencias estadísticamente significativas en C3 y Cz ($P = 0.01$, en cada derivación) lo que se ilustra en el mapa topográfico de las ondas diferencia (figura 4).

Comparación entre grupos

No se encontraron diferencias significativas en ninguna derivación en la amplitud de la N100 y N200. En el componente P200 la amplitud fue mayor en el grupo con LD que en el grupo control en los PREs frecuente e infrecuente, aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas solamente en el PRE al estímulo frecuente con una $p = 0.00098$ tanto global como en las derivaciones F3, F4, C3, C4, P4, Fz, y Cz y de .03 en Fp1 (figura 5).

La comparación entre las P300s mostró valores mayores para el grupo de LD en las derivaciones F4, P4 y O1 con una $p = 0.01$, aunque la p global no fue estadísticamente significativa. No hubo diferencias en la comparación de las ondas diferencia entre grupos. Es decir que en ambos grupos la P300 tuvo la misma distribución topográfica.

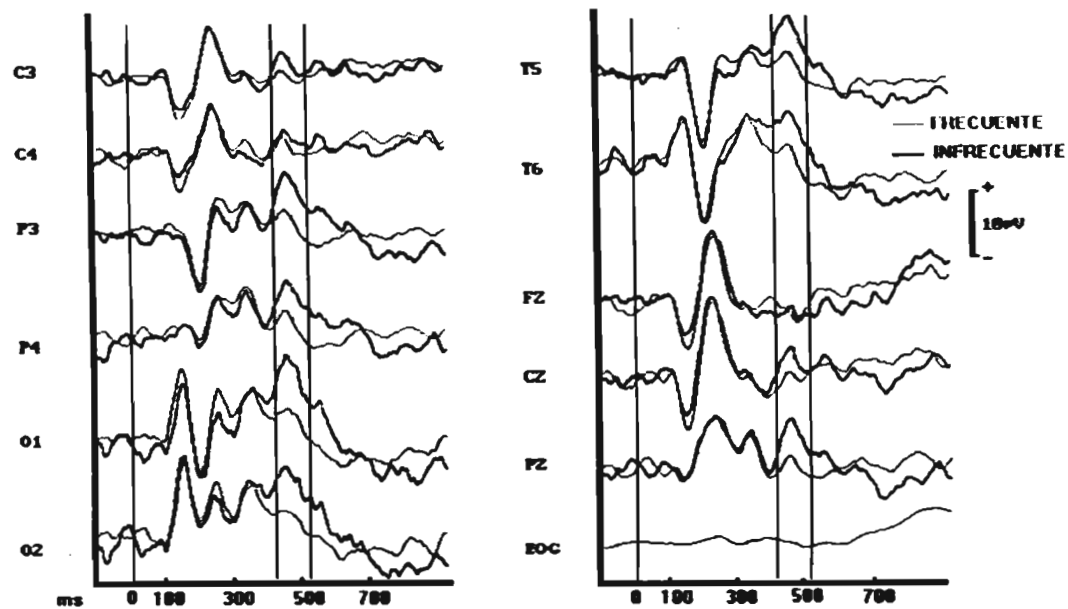


Fig. 3. Se muestran los PREs visuales a los estímulos frecuente e infrecuente en el grupo con LD. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo y el cursor del lado derecho muestra la ventana de análisis de la P300.

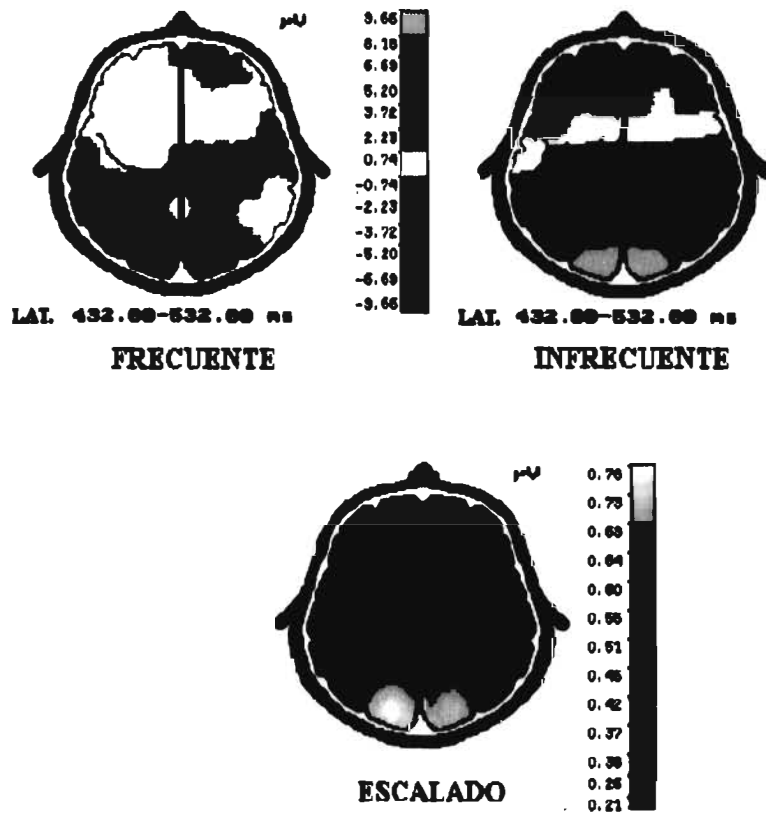


Fig. 4. Mapas de voltaje para la P300 visual en el grupo de LD. La figura superior izquierda muestra el mapa para la respuesta al estímulo frecuente; la figura superior derecha es el mapa para la respuesta al estímulo infrecuente. La figura inferior muestra el mapa escalado de las diferencias entre la respuesta al estímulo infrecuente menos la respuesta al estímulo frecuente.

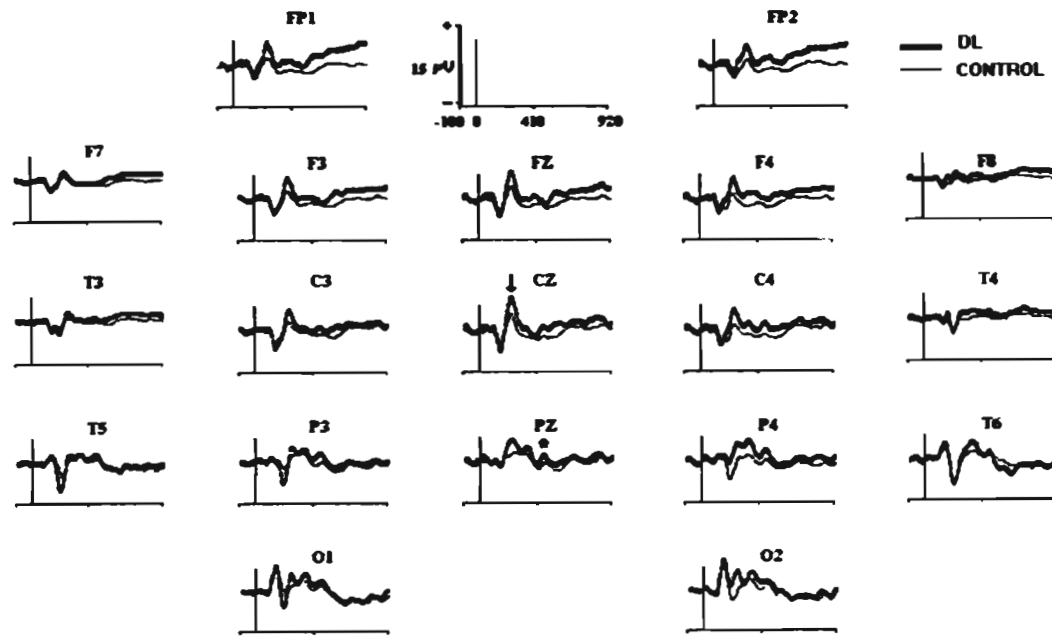


Fig.5. Se muestran los PREs visuales a los estímulos frecuentes en los grupos de LD y control. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo, la flecha en Cz, la latencia de la P200 y el asterisco en Pz, la latencia de la P300. Nótese las amplitudes de mayor tamaño de la P200 en el grupo de LD en relación con las del grupo control.

PREs AUDITIVOS

Grupo control

En 3 de 20 niños estudiados en el grupo control no se observó la P300. Como se puede observar en la figura 6, en el gran promedio realizado con los PREs registrados en los 17 niños restantes la onda N100 aparece a los 100 ms en casi todas las derivaciones aunque se aprecia claramente más pronunciada en las derivaciones centrales y se nota su ausencia en T5 y T6. Después de este componente se observa una onda positiva que ocurre a los 164 ms (P200), también de mayor tamaño en las regiones centrales y ausente en las regiones temporales posteriores. A continuación de la onda P200 aparece la onda N200 que se presentó a los 232 ms observándose más claramente en las regiones frontales, centrales y parietales que en las derivaciones occipitales y temporales posteriores. Finalmente se presenta el componente P300 con un pico en Pz a los 316 ms.

No hubo diferencias significativas en amplitud entre las respuestas a los estímulos infrecuente vs. frecuente en los intervalos utilizados para medir la amplitud de los componentes N100, P200 y N200 respectivamente. En el caso de la P300, el PRE al estímulo infrecuente mostró una amplitud significativamente mayor que el PRE al frecuente (p global= 0.0009) y en las derivaciones P3, P4, O1, O2, T6, T4, Cz y Pz (p = 0.0009) y en C4 y T5 (p = 0.048 y 0.016 respectivamente) (figs. 6 y 7).

Grupo de LD

Los PREs auditivos registrados en el grupo de niños de LD mostraron los componentes N100, P200, N200 y P300 aproximadamente a la misma latencia que el grupo de niños control (104, 176, 248 y 300 ms respectivamente) (fig. 8). En este grupo tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre las amplitudes de las respuestas a los estímulos infrecuente vs frecuente en los componentes N100, P200 y N200 respectivamente.

Para la P300 las derivaciones que mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las amplitudes de las respuestas a los estímulos frecuente vs. infrecuente fueron C4, P4, O1 y Pz (con una $p = 0.0089, 0.0169, 0.0009, \text{ y } 0.0189$ respectivamente) y una p global = 0.0009 (figs. 8 y 9).

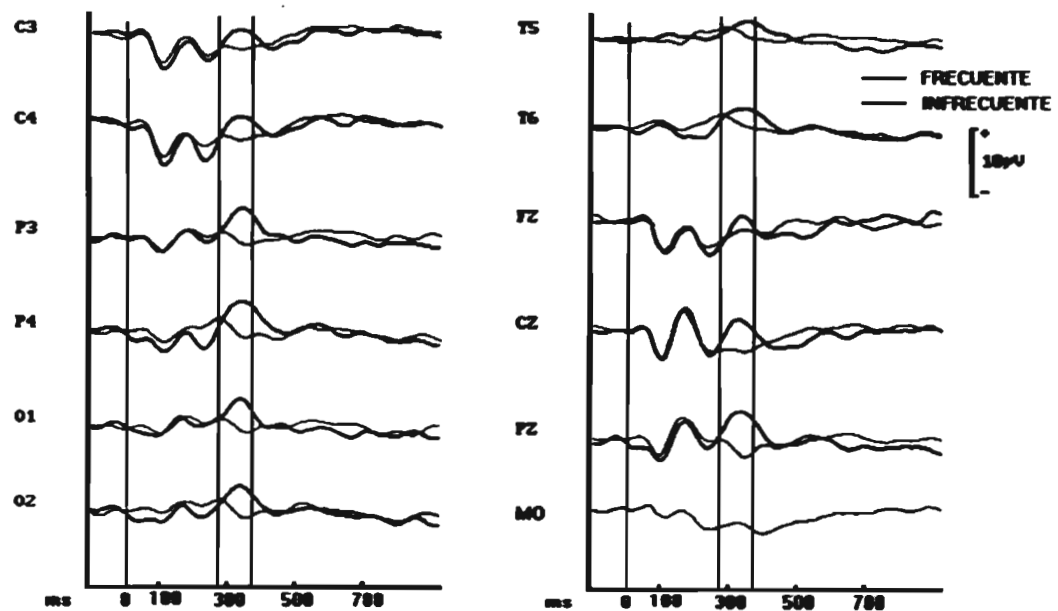


Fig 6. Se muestran los PREs auditivos a los estímulos frecuente e infrecuente en el grupo control. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo y los cursores del lado derecho muestran la ventana de análisis de la P300.

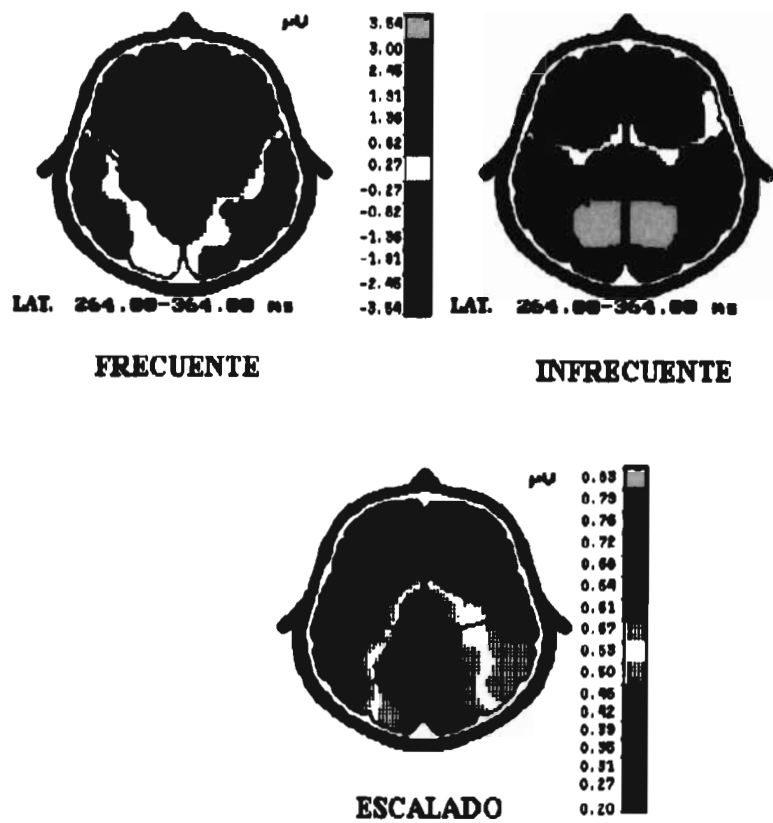


Fig. 7. Mapas de voltaje de la P300 auditiva en el grupo control. La figura superior izquierda muestra el mapa para la respuesta al estímulo frecuente; la figura superior derecha es el mapa para la respuesta al estímulo infrecuente. La figura inferior es el mapa escalado de las diferencias entre el voltaje obtenido en el PRE al estímulo infrecuente - el voltaje obtenido en el PRE al estímulo frecuente.

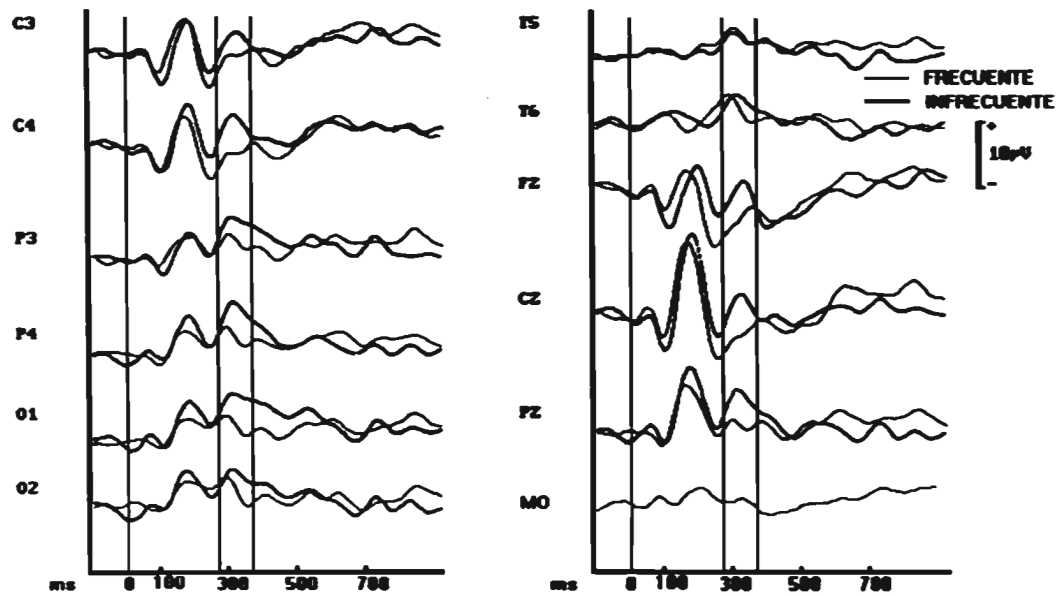


Fig 8. Se muestran los PREs auditivos a los estímulos frecuente e infrecuente en el grupo de LD. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo y el cursor del lado derecho muestra la ventana de análisis de la P300.

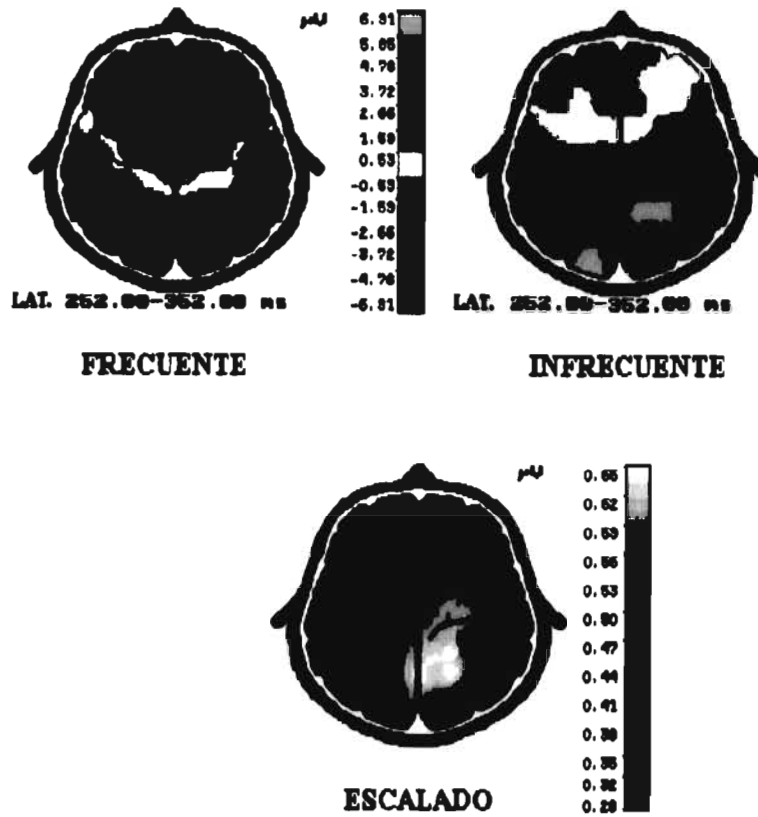


Fig. 9. Mapas de voltaje de la P300 auditiva en el grupo de LD. La figura superior izquierda muestra el mapa para la respuesta al estímulo frecuente; la figura superior derecha es el mapa para la respuesta al estímulo infrecuente. La figura inferior es el mapa escalado de las diferencias entre el voltaje obtenido en el PRE al estímulo infrecuente - el voltaje obtenido en el PRE al estímulo frecuente.

Comparación entre grupos

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la amplitud de los componentes N100 y N200. En el componente P200 las respuestas fueron de mayor amplitud en el grupo de LD en los PREs a ambos tipos de estímulos: en el PRE frecuente con una p global = 0.0009, de .018 para F4, .018 en C3 y de 0.0009 en C4 y Pz (fig. 10) y en el PRE infrecuente con una p global de 0.0009 y con la misma probabilidad en C3, C4, P4, O2, Cz y Pz y de 0.01 en O1 (figura 11).

La comparación entre voltajes realizada en la ventana de 266-366 ms mostró valores mayores para el grupo de LD en las respuestas a los estímulos frecuente e infrecuente pero sólo fue estadísticamente significativa en el PRE al estímulo infrecuente en las derivaciones C4 ($p=0.04$), P3 ($p=0.03$), P4 ($p=.006$), O1 ($p=0.002$), O2 ($p=0.04$) y T3 ($p=0.02$) y una p global = 0.03 (fig. 11).

Al comparar las ondas diferencia entre ambos grupos en la ventana de 258-358 ms, no se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa, lo que significa que las topografías fueron iguales en ambos grupos.

COMPARACIÓN ENTRE LOS PREs AUDITIVOS VS. VISUALES.

Grupo control

Comparando los PREs a los estímulos visuales vs. los auditivos se puede apreciar que mientras en T5 y T6 los PREs a los estímulos visuales tienen mayor duración que en el resto de las derivaciones, en el caso de los PREs auditivos la duración en estas mismas derivaciones es prácticamente la misma que en el resto.

En cuanto a la latencia se observó que la P300 visual presenta una latencia mucho mayor que la auditiva (476 vs. 316 ms respectivamente). Asimismo, la comparación entre la topografía de la P300 visual vs. auditiva (fig. 12) mostró amplitudes mayores para la P300 visual (p global = .00098) en F3 ($p=.0149$), C3 ($p=.0049$), P3 ($p=.0429$), P4 ($p=.048$), O1 ($p=.0049$), O2 ($p=.0009$) y T5 ($p=.0109$).

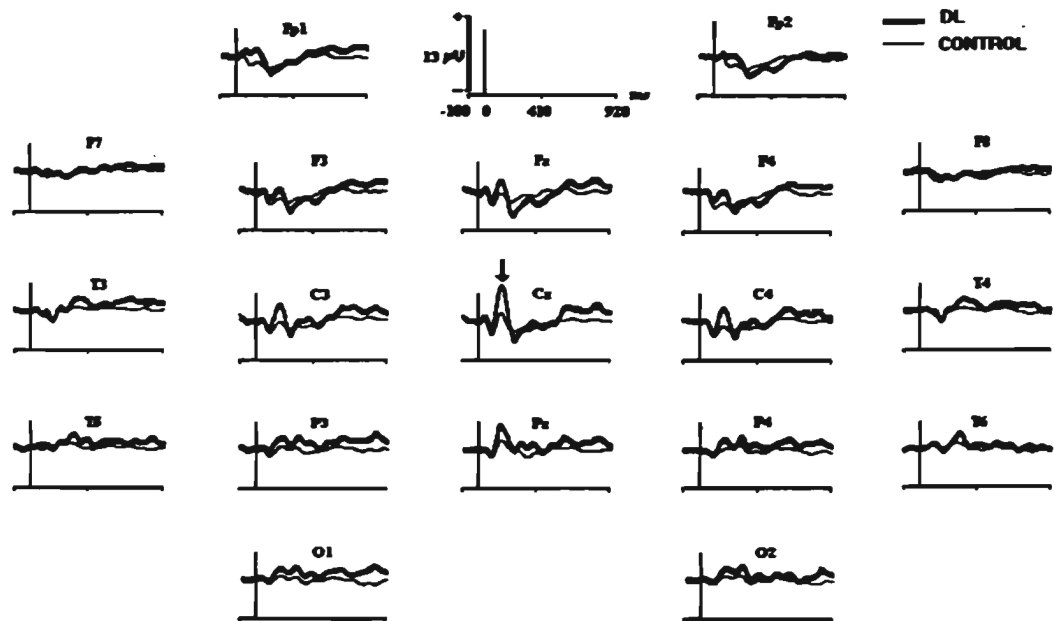


Fig. 10. Se muestran los PEs auditivos a los estímulos frecuentes en los grupos de LD y control. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo, la flecha en Cz, la latencia de la P200. Nótese las amplitudes de mayor tamaño de la P200 en el grupo de DL en relación con las del grupo control.

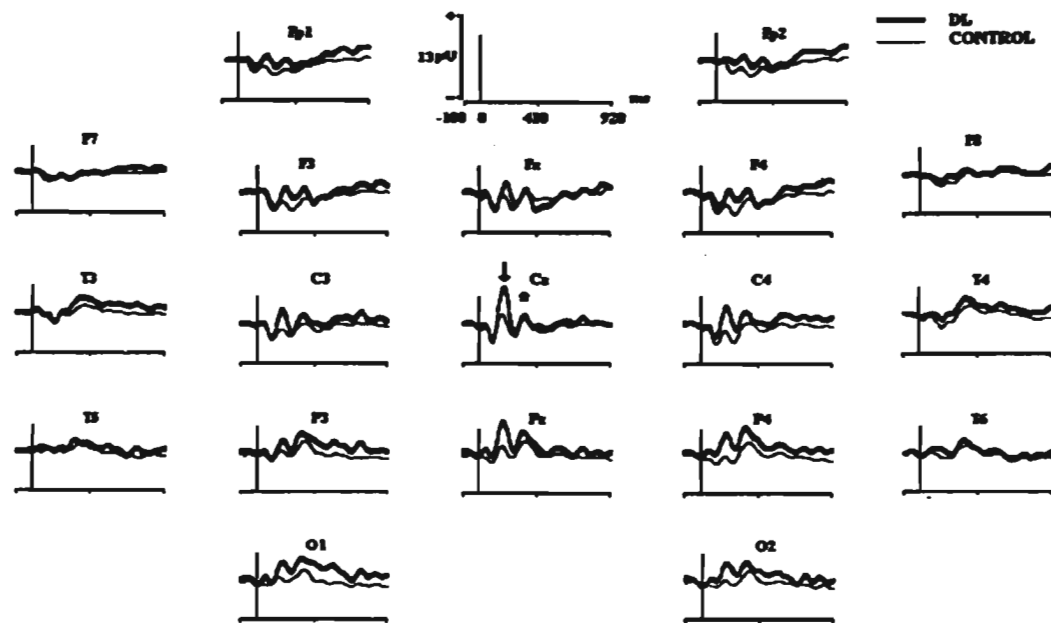


Fig. 11. Se muestran los PREs auditivos a los estímulos infrecuentes en los grupos de LD y control. El cursor de la izquierda muestra el tiempo pre-estímulo, la flecha en Cz, la latencia de la P200 y el asterisco, la latencia de la P300. Nótese las amplitudes de mayor tamaño de la P200 y de la P300 en el grupo de DL en relación con las del grupo control, en algunas derivaciones (ver texto).

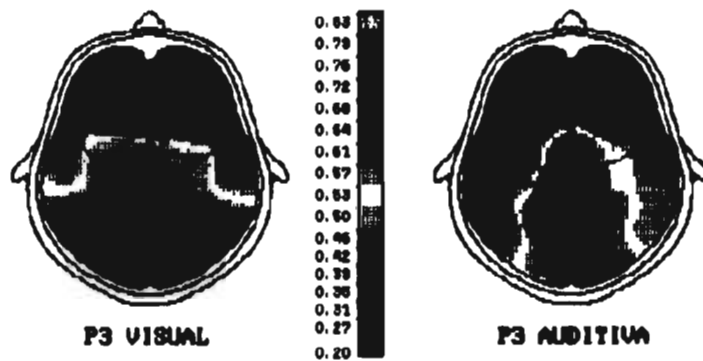


Fig. 12. Mapas topográficos escalados de voltaje de la P300 visual vs. auditiva en el grupo control.

Grupo de LD

Comparando los PREs a los estímulos visuales vs. los auditivos se observó también que mientras en T5 y T6 los PREs a los estímulos visuales tienen mayor duración que en el resto de las derivaciones, en el caso de los auditivos la duración en estas mismas derivaciones es prácticamente la misma que en el resto. Al igual que en el grupo control se observó que la P300 visual presenta una latencia mayor que la auditiva (452 vs 300 ms respectivamente). No hubo diferencias entre las topografías de la P300 visual vs. auditiva.

En resumen podemos decir lo siguiente:

- 1) En el grupo control se observó mayor amplitud para la P300 visual que para la auditiva en F3, C3, P3, P4, O1, y T5 ($p=.0109$). Esto no sucedió en el grupo de LD.
- 2) En ambos grupos la diferencia más notable entre las P300s a ambos tipos de estímulo es una mayor latencia en los PREs a los estímulos visuales que para los auditivos.
- 3) La única diferencia observada entre grupos en la P300 fue en la modalidad auditiva, en donde la P300 al estímulo infrecuente fue mayor en el grupo de LD que en el control.
- 4) Se presentaron diferencias en la amplitud del componente P200 entre grupos: el grupo de LD mostró mayor amplitud en la P200 auditiva (PREs frecuente e infrecuente) en las derivaciones F4, C3, C4, P4, O1, O2, Fz y Pz. Con la estimulación visual se observó la misma tendencia, pero las diferencias solamente fueron estadísticamente significativas en el PRE al estímulo frecuente en las derivaciones Fp1, F3, F4 C3, C4, P4, Fz y Cz.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

De los componentes tempranos que ocurren antes de los 300 ms estudiados en el presente trabajo, el único componente en el que se observaron diferencias entre ambos grupos fue la P200, en donde los LD presentaron mayor amplitud que los sujetos normales; resultados similares fueron encontrados por Holcomb y cols.(1986) con estímulos auditivos y Stelmack y cols. (1988) con estímulos visuales, en este último caso dicho resultado se relacionó con una ejecución deficiente en tareas de memoria en sujetos clasificados como disléxicos. Aunque algunos autores consideran a la onda P200 como un componente exógeno (Hillyard y Picton, 1987), otras investigaciones han puesto en entredicho esta postura ya que se ha observado que la P200 también se modifica en función de las demandas de la atención de la tarea ejecutada (a mayor atención mayor amplitud de la P200) (Holcomb y cols., 1986; Stelmack y cols., 1988; Johnson, 1989). Por tal motivo podría pensarse que el aumento en la amplitud de este componente podría asociarse a un aumento de la atención al estímulo por sí mismo, aún antes de que ocurriera cualquier otro proceso de decisión relacionado con el estímulo. Lo anterior indicaría que los LD necesitan invertir mayor atención para lograr el mismo resultado que los sujetos normales, toda vez que las ejecuciones en ambos grupos fueron iguales.

Asimismo, el resultado de que los LD presentaron valores mayores que los controles en la P300 a los estímulos auditivos infrecuentes, pero iguales valores en la onda diferencia, puede interpretarse también como una mayor atención de los LD que los normales hacia estos estímulos. Esta interpretación encuentra apoyo en los resultados encontrados por Polich (1987) en el sentido de que existe una amplitud mayor en la P300 producida por estímulos que son atendidos que cuando no lo son.

Los estudios realizados sobre el desarrollo de la P300 visual señalan que a edades tempranas (alrededor de los 7 años) se presenta con mayor amplitud en las regiones posteriores y que progresivamente, con el aumento en la edad, se difunde hacia las regiones anteriores: no se registra confiablemente en Cz hasta la edad de 11-12 años, en Fz se observa solamente en el rango de edad de 15-16 años y en

Fpz solamente en adultos (Taylor, 1988). La configuración topográfica tanto de la P300 auditiva como de la visual encontrada en ambos grupos de niños en el presente estudio, en donde sus edades fluctúan entre 10 y 12 años, mostró que la P300 se presenta también con valores de amplitud mayores en las regiones parietales, occipitales y temporales posteriores, particularmente en Pz en donde muestra el pico de mayor amplitud y no se presentó en las regiones frontales. Esta topografía es similar a la encontrada por Taylor, (1988) para los niños de edades similares. Sin embargo, aunque no se hizo un análisis estadístico, se puede apreciar que la onda P300 visual registrada en T5 y en T6 es de mayor duración que en las demás derivaciones. Las lesiones en las regiones temporales se han asociado a anomalías en los procesos de memoria a corto plazo (McCarthy y Warrington, 1990) señalando que en condiciones normales estas regiones están involucradas en el procesamiento de la información que tiene que ser recordada por períodos cortos. Si este es el caso, es lógica la morfología de la P300 que se observa en estos derivaciones ya que indicaría que existe una actividad neuronal más sostenida en estas áreas asociada al procesamiento de la información que tiene que ser recordada.

No podemos hacer una comparación directa de los resultados de los PREs entre nuestra población de LD y los reportados en la literatura mencionada, pues no queda claro si ésta última se refiere a disléxicos o a LD. La diferencia entre estos dos grupos es relevante, dado que en los disléxicos se han reportado alteraciones importantes del sistema nervioso tanto anatómicas como funcionales y alteraciones perceptuales (Galaburda, 1993; Hanley y Skalar, 1976; Tallal, 1993), en tanto que los LD parecen estar menos afectados, ya que en ellos solamente se ha reportado un retraso en la maduración (Harmony y cols., 1990; Harmony y cols., 1990; Stanovich, 1988). Con base en lo anterior, podemos suponer que los sujetos estudiados en la literatura citada sobre PREs pudieran haber sido disléxicos y que sus importantes deficiencias funcionales se reflejen en una P300 disminuida. En nuestro estudio, este resultado no se observó debido a que en los LD no se han caracterizado por deficiencias funcionales tan importantes como las de los disléxicos.

La interpretación teórica más aceptada de la amplitud de la P300 es que está relacionada con los eventos cognitivos que subyacen a las tareas que se requieren en el mantenimiento del ambiente en la memoria de trabajo (Donchin y cols. 1986, en Polich y cols., 1994). De acuerdo a Donchin y Coles (1988), la P300 debe ser generada por la activación de un "procesador" cerebral a los estímulos raros, el cual podría formar parte de los mecanismos encargados del proceso de actualización del ambiente en la memoria. Por lo tanto, el hecho de que en los dos grupos estudiados no se hayan presentado diferencias en la amplitud de la P300, quiere decir que en los individuos de ambos grupos el proceso de la actualización de la memoria se llevó a cabo de la misma manera.

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. Es posible que en el presente estudio la tarea requerida haya sido muy sencilla y que los recursos cognoscitivos para realizarla hayan sido suficientes en ambos grupos, aún cuando los LD hubieran tenido que poner más atención que los niños normales para lograr este resultado. Por lo tanto, si suponemos que los LD pueden tener fallas en la memoria de trabajo, sería necesario enfrentarlos con tareas que exigieran mayor esfuerzo, de tal manera que la memoria de trabajo se sobrecargara y así afloraran las deficiencias en este sistema, mismas que podrían observarse como anomalías en la P300. Al enfrentarse a una tarea más o menos compleja (como puede ser la lectura), suponemos que el sujeto emplea una estrategia o estilo para resolverla, y que en ello estarán implicados sus recursos cognoscitivos, de los cuales la memoria de trabajo tendrá un papel preponderante. En efecto, Torgesen, (1977 citado en Chayo-Dichy y cols., 1991) ha propuesto que muchos de los déficits en la ejecución presentada por los niños con problemas de lectura pueden deberse a un fracaso para adoptar estrategias eficientes durante el proceso de lectura. Por esta razón los niños fracasan para encontrar una forma activa y organizada para la solución de la tarea y por lo tanto tienden a ser pasivos e ineficientes en la tarea de la lectura. En la presente investigación, como ya se especificó anteriormente, la tarea asignada a

los sujetos fué sumamente sencilla por lo que de existir diferencias en las estrategias sería más difícil observarlas.

En el presente trabajo el grupo control mostró mayor amplitud para la P300 visual que para la auditiva en F3, C3, P3, P4, O1, y T5, es decir, principalmente en las derivaciones del lado izquierdo, mientras que en el grupo con LD no se observó ninguna diferencia entre los PRES de ambas modalidades sensoriales. Johnson (1989) encontró resultados similares en sujetos normales, sólo que las diferencias fueron en las áreas frontales, centrales y parietales de ambos hemisferios, concluyendo con esto que diferentes generadores intracraneales son responsables de la generación de la P300 en las distintas modalidades sensoriales. Una posible explicación de la disparidad en los resultados del estudio de Johnson (1989) y del presente pudiera ser que en el caso del trabajo de Johnson (1989) la muestra estudiada incluyó sujetos de 7 a 17 años de edad, mientras que en el presente estudio la edad de los sujetos se mantuvo entre 10-12 años. Sería importante hacer más estudios sobre el efecto del desarrollo en la topografía de la P300 para observar si las topografías de estas modalidades sensoriales son distintas en todas las etapas del desarrollo y en un caso dado en que consistirían dichas diferencias.

Sin embargo, el hecho de que los niños del grupo de LD no hubieran presentado diferente topografía en la P300 visual y auditiva podría indicar que estos niños se podrían encontrar en una etapa distinta de maduración a los niños normales o bien que estas diferencias fueran debidas a una organización funcional distinta.

REFERENCIAS

- Ackerman, P.T. and Dykman, R.A. Phonological processes, confrontational naming and immediate memory. *Journal of Learning Disabilities*, 26, 597-609, 1993.
- Ackerman, P.T.; Dykman, R.A. y Gardner, M.Y. Counting rate, naming rate, phonological sensitivity and memory span: major factors in severe dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 23, 325-337. 1990.
- Ahn, H. Electroencephalographic evoked potentials comparisons of normal children with different modes of underachievement. Doctoral Dissertation, University of Iowa, 1977.
- Ahn, H.; Pritchep, L.; John, E.R.; Baird, H.; Trepetin, M.; Kaye, H. Developmental equations reflect brain dysfunction. *Science*, 210, 1259-1262, 1980.
- Baddeley, A. D. Working memory. London: Oxford University Press. 1986.
- Baddeley, A.D. and Hitch, G. Working memory. In G.H. Bower, ED. *The psychology of learning and motivation*, 8, 47-89. San Diego. C.A: Academic Press. 1974.
- Baddeley, A.D. Reading and working memory. *Bulletin of The British Psychological Society*, 35, 414-417, 1982.
- Barnea, A.; Lamm, O.; Epstein, R. and Pratt, H. Brain potentials from dyslexic children recorded during short-term memory tasks. *International Journal of Neuroscience*, 74, 227-237. 1994.
- Bernal, J.; Becker, J.; Harmony, T.; Rodríguez, M., Reyes, A.; Marosi, E.; Fernández, T.; Guerrero, V. Visual evoked potentials attention and mnemonic abilities in children. *International Journal of Neuroscience*, 66, 45-51, 1992.
- Bernal, J.; Harmony, T.; Marosi, E.; Becker, J.; Reyes, A.; Rodríguez, M.; Hinojosa, M.; Rocha C. Correlation between visual evoked responses and an educational evaluation. *Neurosciences*, 1, 25-30, 1990.

- Boder E. Developmental Dyslexia: A diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 15, 663-687, 1973.
- Brainerd, C.J. and Kingma, J. On the independence of short-term memory and working memory in cognitive development. *Cognitive Psychology*, 17, 210-247, 1985.
- Cohen, J.; Breslin, P. W. Visual evoked responses in dyslexic children. *Ann. N. Y. Acad. Science*, 425, 338-343, 1984.
- Connors, C.K. Cortical visual evoked response in children with learning disorders. *Psychophysiology*, 7, 418-428, 1971.
- Cornwall, A. The relationship of phonological awareness, Rapid naming, and verbal memory to severe reading and spelling disability. *Journal of Learning Disabilities*, 25, 532-538, 1992.
- Courchesne, E. Cognitive components of the event-related potentials: Changes associated with development. En: A.W.K. Gaillard y W. Ritter (EDs). *Tutorials in ERP research: Endogenous components*. North Holland publishing, Amsterdam, pp. 329-344. 1983.
- Chayo-Dichy, R., Ostrosky-Solis, F., Meneses, S., Harmony, T. and Guevara, A.M. Event-related potentials recorded in normal and dyslexic subjects when reading in and out of context. *International Journal of Neuroscience*, 61, 31 - 51, 1991.
- Dainer, K.B; Klorman, R; Salzman, L.F.; Hess, D.W.; Davidson, P.W. and Michael, R.L. Learning-disordered children's evoked potentials during sustained attention. *Journal of abnormal child psychology*, 9, 79-94, 1981.
- Dallego, M.L. and Moely, B.E. Free recall in boys of normal and poor reading levels as a function of task manipulation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 30, 62-78, 1980.
- Daneman, M. y Carpenter, P.A. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466, 1980.

- Dempster, F.N. Short-term memory development in childhood and adolescence. in C.J.Brainerd and M. Pressley, Eds. *Basic Process in Memory*, pp 75-101. New York: Springer-Verlag. 1985
- Dixon, P.; LeFevre, J. and Twilley, L.C. Word knowledge and working memory as predictors of reading skill. *Journal of Educational Psychology*, 80, 465-472, 1988.
- Donchin E. y Coles M.G.H. Is the P3 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 355-372, 1988.
- Donchin, E. Karis D., Bashore, T.R, Coles, M.G.H. y Gratton, G. Cognitive psychophysiology and human information processing. En M.G.H. Coles, E. Donchin and S.W. Porges (EDs.), *Psychophysiology: Systems, processes and applications*. Guilford press, New York, pp. 244-267. 1986.
- Donchin, E. Surprise!...Surprise?. *Psychophysiology*, 18, 493-512, 1981.
- Donchin, E.; W. Ritter and W.C. McCallum. Cognitive Psychophysiology : the endogenous components of the ERP. En: *Event-related brain potentials in man*. E. Calaway, P. Tueting and S. H. Koslow. New York: Academic, p 349-441. 1978.
- Duffy, F.H. Topographic mapping of evoked potentials in learning-disabled children. In R. Q. Cracco and Bodis-Wollner (Eds). *Evoked Potentials: frontiers of neuroscience*, 3 475-512. New York: Allan R. Liss. 1986.
- Duncan, C., Rumsey, J., Wilkniss, S., Denckla, M., Hamburger, S. and Odou-Potkin, M. Developmental dyslexia and attention dysfunction in adults: Brain potentials indices of information processing. *Psychophysiology*, 31, 386 - 401, 1994.
- Duncan-Johnson, C.C. Event-related brain potentials: a window on information processing in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 14, 199-203, 1988.
- Duncan-Johnson, C.C.; Donchin, E. On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14, 456-467, 1977.

- Elbert, T. A theoretical approach to the late components of the event-related brain potential. In A. Aertsen and V. Braintenberg, Ed. Information processing in the cortex experiments and theory. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1992.
- Erez, A y Pratt, H. Auditory event-related potentials among dyslexic and normal-reading children: 3clet and midline comparisons. International journal of neuroscience, 63, 247-264, 1992.
- Fabiani, M.; Karis, D.; Donchin, E. P300 and recall in an incidental memory paradigm. Psychophysiology, 23, 298-308, 1986.
- Fernández-Bouzas, A.; Malacara, F.; Ramírez, H.; Harmony, T., Becker, J.; Marosi, E.; Rodríguez, M. y Reyes, A. Computer tomography in children with electrophysiological abnormalities. International Journal of Neuroscience, 56, 247-253, 1991.
- Galaburda, A. and Livingstone, M. Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. In Tallal, P.; Galaburda, A.M.; Llinás, R.R. and Euler, C.V. (Eds.) Temporal Information Processing In The Nervous System: Special Reference to Dyslexia and Dysphasia. Annals of The New York Academy Of Sciences, 1993.
- Galán , L., Biscay, R., Neira, L., Pérez, M.C., Rodríguez, R., Bobes, M., Martín , V. Statistical analysis of evoked potential data by means of nonparametric methods. Fourth International Symposium of the ISBET 1993. abstracts. p46.1993.
- Hanley, J.; Sklar, D. Electroencephalographic correlates of developmental dyslexias: computer analysis of recordings from anormal and dyslexic children. In G. Leisman (Ed.), Basic visual processes and learning disability. Springfield: Charles C., Thomas, 1976.
- Harmony, T. Neurometric assessment of brain dysfunction in neurological patients. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, New Jersey. 1984.

ESTE TEXTO NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Harmony, T.; Hinojosa, G.; Marósi, E.; Becker, J.; Fernández, T.; Rodríguez, M.; Reyes, A.; Rocha, C. Correlation between EEG spectral parameters and an educational evaluation. *International Journal of Neuroscience*, 54, 147-155, 1990.
- Harter, M.R.; Anllo-Vento, L. and Wood, F.B. Event-related potentials, spatial orienting and reading disabilities. *Psychophysiology*, 26, 404-421, 1989.
- Hillyard, S.A. and Picton, T.W. (1987). Electrophysiology of cognition. in F. Plum (Ed.), *Handbook of physiology* pp.519-584. Washington, DC: American Physiological Society.
- Hillyard, S.A.; Hink, R.F.; Schwent, V.L. and Picton, T.W. Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177-180.
- Holcomb, P.J.; Ackerman, P.T and Dykman, R.A. Auditory Event-related potentials in attention and reading disabled boys. *International Journal of Psychophysiology*, 3, 263-273, 1986.
- Holcomb, P.J.; Ackerman, P.T and Dykman, R.A. Cognitive Event-related brain potentials in children with attention and reading deficits. *Psychophysiology*, 22, 656-667, 1985.
- Hooper, S.R.; Boyd, T.A. Neurodevelopmental learning disorders. En Obrzut, J. E. Y Hynd, G.W. (Eds.) *Child Neuropsychology clinical practice*, vol. 2, Academic Press Inc., 1986.
- Horst, R.L.; Johnson, R. Jr.; Donchin, E. Event related brain potentials and subjective probability in a learning task. *Memory and Cognition*, 8, 476-488, 1980.
- Iragui, V.J.; Kutas, M.; Mitchiner, M.R. and Hillyard, S.A. Effects of aging on event-related brain potentials and reaction times in an auditory oddball task. *Psychophysiology*, 30, 10-22, 1993.
- Johnson, R. Jr. Developmental evidence for modality-dependent P300 generators: a normative study. *Psychophysiology* 26, 651-667, 1989.

- Johnson, R. Jr.; Donchin, E. On how P300 amplitude varies with the utility of the eliciting stimuli. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 44, 424-437, 1978.
- Johnstone, J.; Galin, D.; Fein, G.; Yingling, G.; Herron, J.; Marcus, M. Regional brain activity in dyslexic and control children during reading task: Visual probe event related potentials. *Brain and language*, 21, 233-254, 1984.
- Just, M. y Carpenter, P.A. A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychology Review*, 99, 122-149, 1992.
- Loiselle, D.L., Stamm, J.S., Maitinsky, S. and Whipple, S.C. Evoked potentials and behavioral signs of attentive dysfunctions in hyperactive boys. *Psychophysiology*, 17, 193-201, 1980.
- Loveless, N.E. 1983. Event-related brain potentials and human performance. In Gale, A. and Edwards, J.A. (Ed.). *Physiological correlates of human behaviour*, vol. 2 London, Academic Press Inc. 1983.
- Lovrich, D.; Simson, R.; Vaughan, Jr. H.G. y Walter, R. Topography of visual event-related potentials during geometric and phonetic discriminations. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 65, 1-12, 1986.
- Lyon, R. Subgroups of Learning disabled readers: Clinical and empirical identification. H. R. Myklebust (ed.). *Progress in Learning Disabilities* vol. 5. New York, Grune and Straton, 1982.
- Mann, V.A. and Liberman, I.Y. Phonological awareness and verbal short-term memory. *Journal of Learning Disabilities*, 17, 592-599, 1984.
- Mattis, S., French, J.H. and Rapin T. Dyslexia in children and adults: Three independent neuropsychological syndromes. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 17, 150-163, 1975.
- Maurer, K.; Dierks, T. y Ihl, R. Quantitative P300 data and their topography in dementia. En: *Statistics and Topography in Quantitative EEG*. Elsevier, Paris 243-250, 1988.

- McCarthy, G. y Wood, C.C. Scalp distributions of event-related potentials: an ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 62, 203-208, 1985.
- McCarthy, G. and Donchin, E. A metric for thought. A comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211, 77-80, 1981.
- McCarthy, R.A. and Warrington, E.K. *Cognitive neuropsychology: a clinical introduction*. San Diego, C.A.: Academic Press. 1990.
- Milberg, V.W.; Whitman, R.D. Galpin, R. Selective attention and laterality in good and poor readers. *Cortex*, 17, 571-582, 1981.
- Naatanen, R. y Picton. T. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375-425, 1987.
- Olo, C; y Squires, Nancy. Event-Related potentials in learning disabilities. In R. Q. Cracco and Bodis-Wollner (Eds). *Evoked Potentials: frontiers of neuroscience*, 3 475-512. New York: Allan R. Liss. 1986.
- Perfetti, C.A. and Lesgold, A.M. Discourse comprehension and sources of individual differences. In M.A. Just and P.A. Carpenter (Eds.) *Cognitive process in comprehension*, 141-183. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1977.
- Petrauskas, R.; Rourke, B. Identification of subgroups of retarded readers: A neuropsychological multivariate approach. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 1, 17-37, 1979.
- Picton, T.W. The endogenous evoked potentials. Basar E. (Ed.) *Dynamics of sensory and cognitive processing by the brain*, pp. 258-265. Spring-Verlag Berlin Heidelberg. 1988.
- Picton, T.W.; Hillyard, S.A.; Krausz, H.I.; Galambos, R. Human auditory evoked potentials. I: Evaluation of components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 31, 569-581, 1974.

- Pinkerton, F.; Watson, D.R.; McClelland, R.J. A neurophysiological study of children with reading, writing and spelling difficulties. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 31, 569 - 581, 1989.
- Polich, J. Comparison of P300 from passive tone sequence paradigm and an active discrimination task. *Psychophysiology*, 24, 41-46, 1987.
- Polich, J.; Eischen, S.E. y Collins, E.G. P300 from a single auditory stimulus. *EEG and Clin neurophysiol*, 92, 253-261, 1994.
- Polich, J.; Howard, L.; Starr, A. P300 latency correlates with digit span. *Psychophysiology*, 20, 665-669, 1983.
- Polich, J.; Ladish, C. and Burns, T. Normal variation of P300 in children: age, memory span, and head size. *International Journal of Psychophysiology*, 9, 237-248, 1990.
- Preston, M.S.; Guthrie, J.T.; Kirsh, I.; German, D.; Childs, B. VERs in normal and disabled adult readers. *Psychophysiology*, 14, 8-14, 1977.
- Rayner, K. and Pollatsek, A. *The psychology of Reading*. Englewood, Inc. 1989
- Rebert, C.S.; Wexler, B. N.; Sproul, A. EEG asymetry in educationally handicapped children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45, 436-442, 1978.
- Satterfield, J.H.; Schell, A.M.; Nicholas, T.W.; Satterfield, B.T. and Freese, T.E. Ontogeny of selective attention effects on Event-related potentials in attention-deficit hiperactivity disorder and normal boys. *Biol psychiatry*, 28:879-903. 1990.
- Shibasaki, H and Miyasaki, M, Event-related potential studies in infants and children. *Journal of clinical neurophysiology*, 9, 408-418, 1992.
- Shields, D.T. Brain responses to stimuli in disorders of information processing. *Journal of Learning Disabilities*, 6, 37 - 41, 1973
- Silva, J.; Harmony, T.; Bernal, J.; Fernández, T.; Rodríguez, M.; Reyes, A.; Marosi, E.; Yañez, G.; Guerrero, V.; Rodríguez, H. y Rodríguez, M. Comparación entre las

habilidades en la lectura de dos grupos con diferente desempeño académico.
Enviado para su publicación. 1994.

- Simson, R., Vaughan, H.G., Jr., and Ritter, W. The scalp topography of potentials in auditory and visual discrimination tasks. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 42, 528-535. 1977.
- Sobotka, K.R. and May, J.G. Visual evoked potentials and reaction time in normal and dyslexic children. *Psychophysiology*, 14, 18-24, 1977.
- Stanovich, K.E. Explaining the differences between the dyslexic and the garden-variety poor reader: the phonological-core variable-difference model. *Journal of Learning Disabilities*, 21, pp. 590-604, 1988.
- Stelmack, R.M., Saxe, B.J., Noldy-Cullum, N., Cambell, K.B., and Armitage, R. Recognition memory for words and event-related potentials: A comparison of normal and disabled readers. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 10, 185-200, (1988).
- Sternberg, S. High speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652 - 654, 1966.
- Swanson, H.L. Generality and modificability of working memory among skilled and less skilled readers. *Journal of Educational Psychology*, 84, 473-488, 1992.
- Swanson, H.L. Short-term memory and working memory: do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities?. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 34-50, 1994.
- Swanson, H.L. Working memory in learning disability subgroups. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 87-114, 1993.
- Swanson, H.L. y Ramalgia J.M. The relationship between phonological codes on memory and spelling tasks for students with and without learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 25, 396-407, 1992.
- Swanson, H.L.; Cochran, K.F. y Ewers, C.A. Working memory in skilled and less skilled readers. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 17, 145-156, 1989.

- Symann-Lovett, N., Gascon, Y., Matsumiya, C.T., Lombroso, C.T. Wave form differences in visual evoked responses between normal and reading disabled children. *Neurology*, 27, 156 - 159, 1977.
- Tallal, P. In Tallal, P., Galaburda, A., Llinás, R. and von Euler, C. (Eds.): *Temporal information processing in the nervous system: special reference to dyslexia and dysphasia*. pp. 27-47, 1993.
- Taylor, M.J. Developmental changes in ERPs to visual language stimuli. *Biological Psychology*, 26, 321-338, 1988.
- Taylor, M.J. y Keenan, N.K. Event-related potentials to Visual and language stimuli in normal and Dyslexic children. *Psychophysiology*, 27, 318-327, 1990.
- Torgesen J.K. The cognitive and behavioral characteristics of children with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 587-589, 1988.
- Torgesen, J., and Goodman, I. Verbal rehearsal and short-term memory in reading disabled children. *Children Development*, 20, 200-207, 1977.
- Wagner, R.K., and Torgesen, J.K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212, 1987.
- Weber, B. and Ommen, G. Auditory and visual evoked responses in children with familial reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 10, 3, 32-37, 1977.