

P300 y nociones elementales del número natural y de la lengua escrita en preescolares y escolares con antecedente de encefalopatía neonatal

Gabriela Romero Esquiliano¹, Dora Granados Ramos², Ignacio Méndez Ramírez³

RESUMENES

Los potenciales relacionados a eventos (PRE) son considerados ideales para la evaluación de procesos involucrados con memoria y atención. La latencia y amplitud de P300 son indicadores de funciones cognitivas relacionados con la adquisición de nociones elementales y dificultades en su desarrollo. *Objetivo:* valorar las características del componente P300 y su relación con las nociones elementales del número y de la lengua escrita en niños preescolares y escolares con antecedentes de encefalopatía neonatal. *Material y métodos:* se incluyeron a 37 niños, entre cuatro y ocho años de edad con antecedentes de encefalopatía neonatal: hipóxico-isquémica (HI), hiperbilirrubinemia (HB) y mixta (M), se registraron condición y peso al nacimiento y nivel socioeconómico. Del componente P300 obtenido con paradigma *oddball* se registraron latencia (P300), amplitud (AP300) y morfología. Se evaluaron nociones elementales del número natural y de la lengua escrita se clasificó el cociente intelectual y presencia de secuela neuropsicológica. *Resultados:* la morfología de P300 se asoció estadísticamente con género, condición y peso al nacimiento; la AP300 con condición, peso al nacimiento y conservación del número natural. Retraso en la adquisición de las nociones del número natural se asoció a la encefalopatía y retraso en la lengua escrita con la secuela neuropsicológica. *Discusión:* el análisis entre P300 y nociones elementales del número natural y de la lengua escrita identificó retrasos en la adquisición de las nociones, mostrando la influencia de la encefalopatía neonatal en la desorganización de procesos cognitivos en el desarrollo.

Palabras clave: encefalopatía neonatal, escolares, nociones lógico matemáticas, lecto escritura, P300.

P300 AND ELEMENTAL NOTIONS OF NATURAL NUMBER AND READING LANGUAGE IN SCHOOL AND PRESCHOOL WITH NEONATAL ENCEPHALOPATHY CHILDREN

ABSTRACT

Event-Related Potentials (ERPs) have been considered ideal for the evaluation of processes involved in learning such as memory and attention. P300 component latency and amplitude are indicators of cognitive functions that can be related to acquisition processes of written language and the natural number as well as to their expression before difficulties in their development. *Objective:* to describe the P300 component and its relation with the elemental notions of the natural number and the written language in preschool and school-children with antecedents of neonatal encephalopathy. *Patients and methods:* an

Recibido: 8 octubre 2008. Aceptado: 31 octubre 2008.

¹Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Laboratorio de Seguimiento del Neurodesarrollo, Instituto Nacional de Pediatría-UAM. ²Laboratorio de Psicobiología, Fac. Psicología, Universidad Veracruzana, Xalapa. ³Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM. México. Correspondencia: Gabriela Romero Esquiliano. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud. 04960 México D.F. grmero24@yahoo.com.mx

observational and cross-sectional study was carried out with 37 children, 22 (.59) female and 15 (.40) male between 4 and 8 years old with antecedents of neonatal encephalopathy: hypoxic-ischemic (HI), hyperbilirubinemia (HB) and mixed (M); the condition at birth, the weight at birth and the socioeconomic level were registered. From the P300 component obtained with the *oddball* paradigm, latency, amplitude and morphology were registered. The elementary notions of the natural number and the written language (Monterrey test) were evaluated; the IQ and the presence of neuropsychological sequelae were classified. *Results*: association statistical of gender with morphology was observed, of condition at birth with P300, AP300 and morphology, of weight at birth with AP300 and morphology. Elementary notions of the natural number with AP300, specifically with the conservation. The delay in the acquisition of the elemental notions when contrasting the natural number with the encephalopathy, and the written language with the neuropsychological sequelae. *Discussion*: in the relation between P300 and elemental notions of the natural number and the written language there were identified delays in the acquisition of the same ones, partially demonstrating the role of the neonatal encephalopathy in the cognitive processes in development.

Key words: neonatal encephalopathy, school-children, logical-mathematical notions, reading-writing, P300, event-related potentials, preschool.

Eventos adversos en las primeras etapas de desarrollo pueden conducir a la presencia de alteraciones de procesos cerebrales complejos como atención, memoria o lenguaje^{1,2}. La encefalopatía neonatal es un grupo de trastornos originados en el periodo perinatal que provocan una disfunción del sistema nervioso central por la presencia de un evento hipóxico isquémico, hiperbilirrubinémico, o la presencia de eventos combinados³, dando origen a alteraciones funcionales en edades posteriores como parálisis cerebral, déficit de atención, hiperactividad, problemas de lenguaje y/o problemas de aprendizaje^{4,6}.

Los potenciales relacionados a eventos (PRE), se han considerado ideales para la evaluación de procesos funcionales de memoria, lenguaje, resolución de incertidumbre, atención y discriminación ante la percepción de un estímulo, así como la velocidad del procesamiento cognoscitivo⁷⁻¹².

La latencia y amplitud del componente P300 son consideradas como indicadores de la función cerebral y cognoscitiva^{9,13,14}, relacionadas con diferentes

estructuras como hipocampo, amígdala, cuerpo calloso, corteza parietal y prefrontal¹⁰⁻¹⁸.

Los estudios realizados con PRE en niños indican que latencias y amplitudes se modifican con el desarrollo, varían con la maduración y con las diferencias individuales en la capacidad de memoria^{7,8,19,20}.

Las nociones cognoscitivas se han estudiado con PRE ante diversas tareas experimentales y de entrenamiento, reflejan la secuencia temporal de procesos perceptivos, cognoscitivos, los sustratos neuronales de estos procesos ante tareas específicas como cálculo aritmético²¹ o ante tareas de discriminación de sonidos y pseudopalabras asociadas con objetos¹¹, proporcionando evidencia del orden y secuencia temporal del procesamiento de información²². De igual forma el componente P300 se ha correlacionado con puntajes de inteligencia, siendo la velocidad de respuesta y su complejidad, indicadores del funcionamiento neuronal involucrado en los procesos cognoscitivos²³.

Las nociones elementales lógico-matemáticas (número natural) y de lecto-escritura (lengua escrita) se basan en el desarrollo de conceptos relacionados con los objetos y sus características en el periodo sensoriomotor, y continúan su construcción de acuerdo a Piaget (1990)²⁴, en el periodo preoperatorio. Los niños desarrollan las bases de dichas nociones previo ingreso a la escuela a partir de su interacción con los objetos de su entorno. En la etapa escolar iniciarán el aprendizaje formal y el desarrollo de estas nociones.

En la adquisición de la lengua escrita el niño pasa por seis etapas: concreto, simbólico, pre-silábico, silábico, silábico-alfabético y alfabético^{25,26}. En las nociones elementales del número natural el niño pasa por tres etapas: figural, preoperatorio y operatorio²⁷.

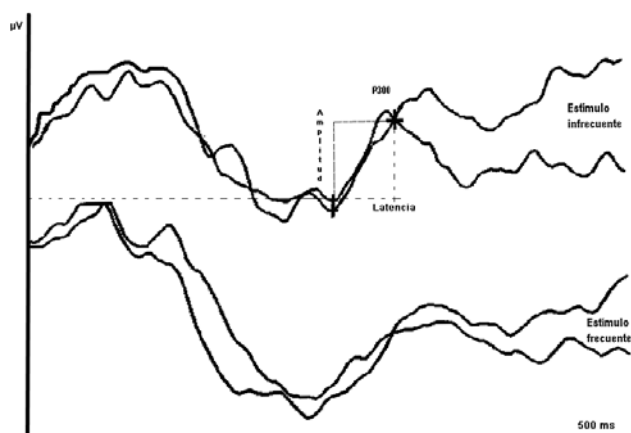
Se ha reportado un decremento de las respuestas del componente P300 en niños disléxicos de tipo fonológico^{28,29}, evidenciando dificultades para analizar y sintetizar los sonidos que conforman el español. Por otro lado, se afirma que la tasa de aprendizaje depende de la velocidad a la que un cambio de información se procesa, la latencia del potencial refleja el tiempo de procesamiento requerido para la extracción de la información, evaluación del estímulo y categorización. Por lo tanto, las latencias del potencial pueden prolongarse en este tipo de niños²².

En estudios del componente P300 y operaciones aritméticas se han reportado resultados significativos en tareas de adición, encontrando respuestas variables entre 200 y 900 ms relacionado con menor amplitud en el hemisferio derecho, después de la presentación y

complejidad del problema aritmético a resolver²¹. Sin embargo, existe escasa información del uso de los PRE en poblaciones de riesgo neurológico, desconociéndose las respuestas que este grupo de niños puede ofrecer ante estímulos complejos. Por lo tanto, este estudio inicia con el uso de un paradigma básico "oddball". Con el fin de describir las características del componente P300 y su relación con las nociones elementales del número natural y de la lengua escrita en niños entre 4 y 8 años de edad con antecedente de encefalopatía neonatal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio observacional y transversal en el que se incluyeron 37 niños, 22 (.59) femeninos y 15 (.40) masculinos, entre 4 y 8 años de edad con antecedente de encefalopatía neonatal: hipóxico-isquémica (HI), hiperbilirrubinemia (HB) y mixta (M), de acuerdo a los criterios de la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) del Instituto Nacional de Pediatría (INP). Del expediente hospitalario se registraron la condición al nacimiento (por semanas de gestación se clasificaron en pretérmino y término), el peso al nacimiento y nivel socioeconómico. Para incluir a los niños en este estudio se verificó que no presentarían enfermedades concomitantes ni la ingesta de medicamentos que perturbaran el funcionamiento del sistema nervioso. Todos los niños se encontraban en un programa de seguimiento y atención sistematizada que inició en el primer trimestre de vida, los niños contaron con el consentimiento informado de la madre.



Ventana de análisis 500 ms, sensibilidad 0.5 microVolts, estímulo frecuente a 1000 Hz, estímulo raro a 2000 Hz. Se aplicaron 200 estímulos en dos ocasiones, al 20% correspondió al estímulo raro. El estímulo se aplicó binauralmente a 80 dBHL.

Figura 1. Componente P300, en la parte superior se muestra la respuesta al estímulo infrecuente en el que se registra la latencia en milisegundos de P300.

En el componente P300 se registró la latencia de P3 en milisegundos (ms) y la amplitud del componente P300 (AP300) en microvolts (μV), figura 1. La morfología de P300 fue clasificada como normal, de bajo voltaje, normal con tendencia a la dispersión y dispersión, estas características se muestran en la figura 2.

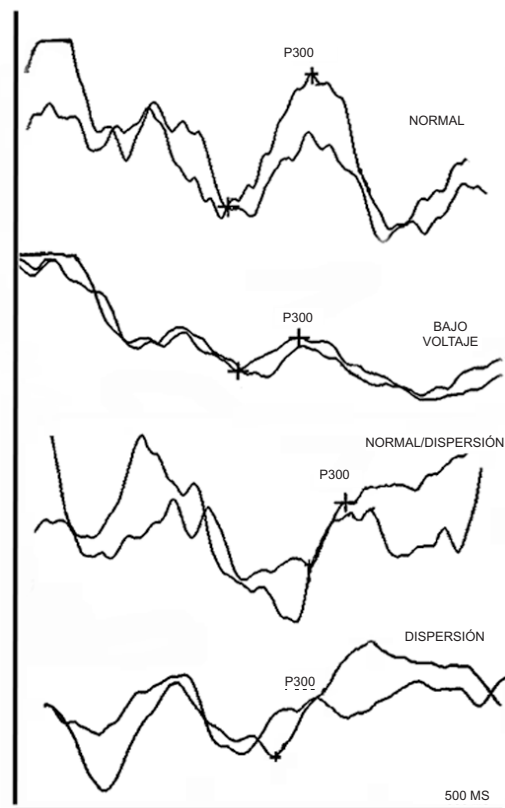


Figura 2. Clasificación de la morfología del componente P300.

Para registrar los PRE el niño se encontraba en vigilia, se le colocaron electrodos en el cuero cabelludo en las áreas Cz (vértice del cráneo) y en M_1 y M_2 (mastoides), de acuerdo a la técnica 10-20 internacional³⁰. Se utilizó un equipo Amplaid MK-15, ventana de análisis de 500 milisegundos y sensibilidad de 0.5 μV . La estimulación se realizó con el paradigma "oddball" que consistió en la presentación de dos estímulos auditivos binauralmente simultáneos uno de carácter frecuente a 1000 Hz, y otro infrecuente a 2000 Hz que representó el 20 % de los estímulos, se estimuló a 80 dBHL en forma binaural, promediándose 200 estímulos en dos ocasiones. La tarea consistió en que el niño discriminara y detectara el estímulo raro, levantando el dedo índice de la mano derecha cada vez que escuchaba el sonido diferente.

Al terminar los PRE se evaluaron las nociones

elementales del número natural y de la lengua escrita con la prueba Monterrey^{25,31}, que evalúa el proceso de desarrollo y de consolidación de ambas nociones. En el número natural se exploraron clasificación lógica, seriación y conservación de la cantidad discontinua; se ubicaron las respuestas en tres etapas de desarrollo inicial o figural, preoperatorio y operatorio. En la lengua escrita se exploraron noción gramatical de la oración escrita y noción de la palabra escrita, se clasificaron las respuestas en etapas concreta, simbólica, prelingüística y lingüística (tabla 1).

Tabla 1. Nociones evaluadas en la prueba Monterrey.

Número natural				
Noción	Nivel			
	Figural	Preoperatorio	Operatorio	
Clasificación	Colección figural	Colección figural	Clasificación operatoria	
Seriación	Comparación global	Seriaciones progresivas e intuitivas	Seriaciones inmediatas y operatorias	
Conservación	Ausencia de la conservación	Correspondencia termino a termino	Conservación del número	
Lengua escrita				
Noción	Nivel			
	Concreto	Simbólico	Prelingüístico	Lingüístico
Oración escrita	No diferencia dibujo de escritura	No comprende relación entre escritura y aspectos sonoros del habla	Comprende escritura como sistema de signos	Ubica elementos de la oración
Palabra escrita	No diferencia dibujo de escritura	Escritura ajena a correspondencia entre grafías y sonidos	Describe relación entre escritura y aspectos sonoros del habla	Representa cada sonido con una grafía convencional

El procedimiento de evaluación de las nociones del número natural consistió en: **a.** Clasificación, se presentaron bloques lógicos conformados por triángulos, cuadrados y círculos de diferente color (azul-rojo), tamaño (grande-chico) y grosor (delgado-grueso). **b.** Seriación, se presentaron 10 regletas de 8 a 17 cm con una diferencia de 1 cm entre cada una. **c.** Conservación de la cantidad discontinua, se proporcionaron 30 fichas (15 verdes y 15 amarillas). Las preguntas se elaboraron según las respuestas de cada caso con el objeto de determinar su etapa de desarrollo retomando los términos con los que cada niño designó los materiales.

La evaluación de las nociones elementales de la lengua escrita consistió en calificar: **a.** Noción gramatical de la oración escrita, presentando la oración *el niño sube la escalera* para determinar el manejo de sustantivos, adjetivos, verbos y artículos; **b.** Noción de la palabra escrita, se dictaron las palabras *venado, ardilla, gaviota, cabra* para ubicar el nivel de lectoescritura desde figural, silábico alfabético y alfabético.

Se consideró si en el desarrollo de las nociones

evaluadas el niño mostraba un desempeño adelantado, normal o con retraso de acuerdo a lo esperado para su edad. Se analizó si los procesos del número natural y de la lengua escrita se encontraban en la misma etapa, eran armónicos o si se observaba un desfase en el proceso sea atrasado o adelantado para lo esperado.

El cociente intelectual (CI), se obtuvo mediante la escala de Wechsler (1991)³² se clasificó a los niños de acuerdo al puntaje obtenido considerando la siguiente escala: 120 o > superior, 80 a 119 normal, 70 a 79 límite y 69 o < deficiente mental.

La presencia de secuelas neuropsicológicas se determinaron a la misma edad que las otras evaluaciones y se clasificaron en tres categorías: leves o no discapacitantes, moderadas y graves, de acuerdo a los criterios propuestos por Campistol³³.

En el análisis estadístico se describieron las características generales de los sujetos de estudio y de las variables estableciendo media y desviación estándar. Para conocer la relación estadística entre P300 y las variables edad, género, condición al nacimiento, trofismo al nacimiento, tipo de encefalopatía, CI y secuela neuropsicológica, se utilizó análisis de varianza y para explorar la asociación entre la morfología del componente P300 y las variables se utilizó J^2 . La asociación estadística entre la prueba Monterrey y las variables fue probada mediante J^2 ; considerando en todos los casos diferencias estadísticas significativas al 0.05%, se utilizó el paquete estadístico JMP- SAS versión 5.01.

RESULTADOS

Las características de los sujetos de estudio y los resultados de los análisis estadísticos realizados se resumen en la tabla 1. La edad y género de los niños no mostraron asociación estadística significativa con el componente P300. No obstante, sí se observó asociación estadística significativa del género con la morfología de este componente (J^2 8.91, $p < 0.04$), siendo mayor la dispersión del componente P300 en las niñas.

En relación a la condición al nacimiento, se observaron diferencias estadísticas significativas con el componente P300 ($p < 0.004$), con la AP300 ($p < 0.03$) y con la morfología ($p < 0.04$). En P300 los niños de término presentaron los valores más largos (media 331 ms, ± 17.9) y los pretérmino valores más cortos (media 316 ms, ± 14.3); en la AP300 los niños de término (media 4.37 μV , ± 2.74) se diferenciaron de los pretérmino (media 2.76 μV , ± 1.04). Se observó asociación estadística del peso al nacimiento con la AP300 ($p < 0.045$) y con morfología ($p < 0.009$). En la AP300 los

niños hipotróficos presentaron amplitud baja (media $2.69 \mu V$, $\pm .85$), y los niños hipertróficos amplitud alta (media $6.71 \mu V$, ± 5.99).

No se registró asociación estadística significativa del componente P300, con las variables encefalopatía neonatal, secuela neuropsicológica y CI, los valores de *p* obtenidos en las pruebas estadísticas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Características de los 37 niños con encefalopatía neonatal y los valores de *p* obtenidos con el componente P300 y las variables de estudio.

	No. (P)	P300*	AP300*	Morfología*
Edad				
4 años	6 (.16)	322.3	2.34	
5 años	13 (.35)	321.1	3.78	
6 años	7 (.18)	326	5.02	
7 años	7 (.18)	329.7	3.73	
8 años	4 (.10)	330.5	4.09	
<i>p</i>		0.83	0.40	0.45
Género				
Masculino	15 (.40)	323.9	3.54	
Femenino	22 (.59)	326.2	4.20	
<i>p</i>		0.70	0.41	0.05
Condición al nacimiento				
Pretérmino	13 (.35)	313.5	2.76	
Término	24 (.64)	331	4.38	
<i>p</i>		0.004	0.047	0.51
Peso al nacimiento				
Hipotrófico	12 (.32)	319.8	2.7	
Normotrófico	23 (.62)	326.2	4.14	
Hipertrófico	2 (.05)	340	6.71	
<i>p</i>		0.32	0.045	0.009
Encefalopatía				
Hipoxia-isquemia	10 (.27)	332	4.16	
Hiperbilirrubinemia	11 (.29)	325.1	4.49	
Mixta	16 (.43)	320.3	3.12	
<i>p</i>		0.29	0.30	0.67
Secuela neuropsicológica				
Leve	27 (.72)	326.1	4.11	
Moderada	9 (.24)	322.7	3.11	
Grave	1 (.02)	310	1.9	
<i>p</i>		0.65	0.40	0.95
Cociente Intelectual				
Superior	2 (.05)	310	1.9	
Normal	25 (.67)	327.1	3.78	
Límitrofe	9 (.24)	325.3	3.86	
Deficiente mental	1 (.02)	317	4.3	
<i>p</i>		0.78	0.87	0.98

P= proporción
*Latencia en milisegundos
** Amplitud en microvolts
Valores de *p*, significativos en negritas.

n=37

En el desarrollo de las nociones elementales, en el número natural todos los niños de 4 y 5 años dieron respuestas esperadas para su edad. Respuestas con retraso se observaron en un caso de 6 años, en 6 casos de 7 años y en 4 casos de 8 años (tabla 3).

Tabla 3. Distribución de casos por nivel de desarrollo en nociones elementales del número natural y de la lengua escrita.

Edad (años)	Número natural			Lengua escrita			
	Inicial	Preoperatorio	Operatorio	Concreto	Simbólico	Prelingüístico	Lingüístico
4	6 (n)	-	-	-	6 (n)	-	-
5	9 (n)	4 (a)	-	2 (n)	11 (n)	-	-
6	1 (r)	6 (n)	-	1 (r)	5 (n)	1 (a)	-
7	1 (r)	5 (r)	1 (n)	-	1 (r)	2 (r)	4 (n)
8	-	4 (r)	-	-	-	3 (r)	1 (n)
Total	17	19	1	3	23	6	5

n=37
Se anota la distribución de 37 casos en las nociones elementales del número natural y de la palabra escrita por etapa de desarrollo como normal (n), adelantado (a) o con atraso (r).

En las nociones de la lengua escrita se observaron respuestas adecuadas en todos los casos de 4 y 5 años; respuestas con atraso en un caso de 6 años, en 3 casos de 7 años y 3 en casos de 8 años (tabla 3).

Al comparar ambos procesos se encontró desarrollo armónico en 24 niños (.65), desfase en 8 (.21) y desfase avanzado en 5 (.13).

Las etapas de procesamiento de las nociones cognitivas evaluadas mostraron diferencias estadísticas significativas de la AP300 con las nociones elementales del número natural ($p<0.006$), enfatizando esta diferencia el aspecto de conservación ($p<0.004$). Los niños con mejor desarrollo de nociones (preoperatorio y operatorio), presentaron las mejores amplitudes.

La calificación de retraso en la adquisición de las nociones elementales evaluadas mostraron diferencias significativas al contrastar el número natural con la encefalopatía ($p=0.05$), observándose que los niños con encefalopatía HI no presentaron retraso, mientras que los niños con encefalopatía mixta presentaron mayor proporción de retrasos (.44).

La lengua escrita presentó asociación estadística significativa con la secuela neuropsicológica ($p=0.04$), observándose que 24 niños (.88) con secuela neuropsicológica leve mostraron desarrollo esperado en este proceso y 5 niños con secuela moderada también dieron respuestas esperadas para su edad.

DISCUSIÓN

La experiencia del uso del componente P300 en niños con antecedentes neurológicos y en específico de los niños que en la etapa perinatal sufrieron un evento que altera el funcionamiento del sistema nervioso, es escasa. Por lo que este estudio explora la posible relación que pueda existir entre un evento neurológico y sus posibles alteraciones y/o secuelas en la adquisición de habilidades cognitivas elementales en los niños a lo largo de su infancia. Para el P300 se eligió un paradigma simple dado que no estábamos al tanto si los niños, dado el antecedente neurológico,

podrían colaborar en paradigmas más complejos, como los utilizados en los reportes de la neuropsicología cognitiva que exploran estas relaciones.

En este caso el componente P300 fue utilizado como un elemento que define la organización de la función del sistema nervioso, en un nivel de organización base, que si se encuentra adecuadamente asimilado y establecido, posibilita la construcción de funciones complejas; y contribuye a analizar la construcción en otro nivel de organización las nociones elementales del número natural y de la lengua escrita.

Los estudios del componente P300 se han orientado al análisis de la latencia y amplitud del mismo y su relación con las variables biológicas y cognoscitivas a edades y condiciones experimentales diferentes, pocos estudios enfatizan el valor de la morfología del componente P300 y su significado clínico. En este estudio se obtienen diferencias entre niños y niñas para la morfología, siendo estas últimas las que presentan una mayor tendencia a morfología dispersa (.60). Podría inferirse que la dispersión de la respuesta es consecuencia de una pérdida neuronal o una falta de sincronización neuronal debida a la presencia de la encefalopatía neonatal, sin embargo, la falta de asociación con esta variable no permite concluir este hecho. Por otro lado, se ha probado que las condiciones experimentales influyen importantemente en la mayor amplitud y complejidad de la respuesta, y que esta complejidad está relacionada con la cantidad de procesamiento que se lleva a cabo. Por lo tanto en los niños con encefalopatía este procesamiento podría estar alterado, quizás por dificultades en la identificación y diferenciación del estímulo⁸.

En relación al género en estudios de meta-análisis⁷, se reportan diferencias en la latencia de P300 o en la amplitud del componente en Cz o Fz³⁴ considerada por algunos autores como indicadores de la velocidad de clasificación de la respuesta ante el estímulo y selección de la respuesta¹³, sin exponer qué procesos fisiológicos subyacen.

La condición al nacimiento en nuestro estudio presenta resultados contrarios en relación a lo observado por Arrabal-Terán³⁵, quien reporta que los niños prematuros o pretérmino presentan valores prolongados en la latencia del componente P300, mientras que nuestros niños pretérmino muestran latencias más cortas. Esta diferencia puede verse influida por el número de casos pretérmino asumiendo su revaloración al aumentar la muestra en este grupo de niños. Además se debe considerar el papel que juega la presencia de la encefalopatía, ya que una mayor proporción de niños pretérmino presentó encefalopatía mixta, por lo que

debe considerarse el probable impacto de la participación conjunta de las diferentes condiciones adversas. Asimismo, tomar en cuenta el papel que juega la organización funcional o plasticidad cerebral ante un daño importante en etapas tempranas del desarrollo o el papel que desempeña la estimulación sistematizada, ya que la aplicación de programas de intervención terapéutica favorece la recuperación funcional³⁶.

El peso al nacimiento presentó una relación significativa con la amplitud y a la morfología del componente P300, dado que el peso está relacionado con la condición nutricia del niño en estas etapas y que esta condición influye en la coordinación y maduración de las funciones del sistema nervioso, las alteraciones extremas en la nutrición tienen como resultado la modificación o pérdida en las espinas dendríticas y conexiones sinápticas³⁷, situación que puede verse reflejada indirectamente en el desarrollo de estos niños.

Contrario a lo esperado la encefalopatía neonatal no influyó de manera significativa la expresión del componente P300 ni su morfología. Al comparar el tipo de encefalopatía con la estructuración de secuela neuropsicológica se observó que los niños con HI presentaron secuela leve, los niños con HB secuelas leves y moderadas, y los niños con encefalopatía M las tres severidades de la secuela. Lo cual puede considerarse como un elemento sustancial en el conocimiento de la estructuración y predicción de las secuelas en las etapas escolares y preescolares, enfatizando mecanismos neurofisiológicos alterados en estas patologías.

Al analizar las nociones de la lengua escrita y del número natural debemos tomar en cuenta las variables o factores de riesgo al nacimiento, el impacto de la encefalopatía neonatal en la estructuración de la secuela neuropsicológica y la implicación de estas variables en la adquisición adecuada o no de dichas nociones.

En las nociones elementales del número natural todos los niños expresaron respuestas semejantes a los niños sin dificultades^{38,39}; es decir, su proceso de adquisición transcurrió por las mismas etapas de desarrollo. Los cuatro niños de 5 años con desarrollo avanzado llegaron a la etapa preoperatoria antes de lo esperado aún presentando secuela leve, quizás esto se debe al efecto de la intervención temprana que favoreció un desarrollo cognoscitivo adecuado; sin embargo, los niños de 7 y 8 años con secuelas leves se ubicaron con atrasos, porque no lograron ubicarse en la etapa operatoria⁴⁰. El diseño de esta investigación no nos

permite asegurar si estos avances se mantendrán a lo largo del desarrollo. Además es necesario considerar la influencia de múltiples factores ambientales⁴¹, que no fueron considerados en este estudio.

Todos los niños iniciaron con agrupaciones básicas de clases y relaciones entre los objetos como: amontonar, alinear, disociar, y después con agrupaciones más complejas en las que lograron asociar y abstraer características de los objetos presentados como color, tamaño, forma, grosor, entre otros. Es decir las agrupaciones elementales que realizan los niños en la etapa preoperatoria de clasificación y seriación, se transforman en conjuntos más complejos correspondientes a la etapa operatoria⁴². Culminando este proceso en la síntesis de clasificación-seriación, lo que facilita el manejo del número natural y sus operaciones.

En las nociones de la lengua escrita, se observaron mejores resultados que lo observado en el número natural, pues se presentaron menos atrasos. La mitad de los niños de 7 y 8 años logró respuestas operatorias, mientras que la otra mitad se ubicó en la etapa preoperatoria; es decir, presentaron atraso en la construcción de estos procesos. Estos atrasos reflejan la dificultad para resolver ejercicios de aritmética del grado escolar que cursan los niños, en el que se espera resuelvan y apliquen adecuadamente operaciones de adición y sustracción que implican el manejo de la reversibilidad⁴².

En la comparación de la expresión del desarrollo alcanzado en las nociones evaluadas la mayoría de los niños presentaron respuestas armónicas porque ambos aprendizajes se encontraban en la misma etapa. En el aprendizaje de las nociones elementales de la lengua escrita y del número natural los niños deben identificar letras y números a los que debe asignar una representación fonológica en el caso de las palabras o un valor en el caso de los números. En estas edades los dos procesos de desarrollo se encuentran íntimamente ligados y uno apoyará al desarrollo del otro para posteriormente hacerse más compleja de tal forma que dichos procesos se separan y se desarrollan en forma paralela, consolidándose en la etapa operatoria.

Los cinco casos calificados como desfase adelantado en uno de los dos procesos dieron respuestas más complejas a lo esperado, al contrario de los ocho niños con desfase atrasado que dieron en uno de los procesos respuestas más atrasadas, marcando así desventajas en su proceso de aprendizaje. Es deseado que la síntesis de los diferentes procesos en ambas nociones se lleven a cabo en forma armónica, la pre-

sencia de algún tipo de desfase nos permite inferir que existirá más adelante una interferencia de este problema y el desarrollo se verá limitado o modificado, mientras más temprano se presente este desfase su implicación para el desarrollo de estas nociones será mayor. Los desfases con atraso presentados en las nociones evaluadas se corregirán con estrategias terapéuticas o metodologías educativas adecuadas que entre más temprano se implementen reducirán las dificultades en los procesos de aprendizaje y la severidad de su expresión.

La AP300 y la conservación de la cantidad reflejan procesos de atención que permiten la selección de respuestas adecuadas ante tareas específicas. Los niños atienden a la instrucción dada para después seleccionar la mejor respuesta; es decir, un mismo proceso de atención se involucra en dos momentos diferentes para llevar a cabo una tarea, primero como un estado óptimo para atender a los estímulos relevantes o novedosos y segundo para llevar a cabo tareas más complejas que implican toma de decisiones a partir de acciones motoras y mentales. Podríamos inferir que ambos procesos comparten sustratos neurofisiológicos al menos en forma inicial, formando redes neuronales independientes en su progreso posterior.

En los casos con encefalopatía mixta presentaron una mayor proporción de retrasos en la adquisición del número natural, esto es esperado ante un proceso que implica la conjunción de dos patologías la HI y la HB lo que da como resultado una mayor severidad, aunado a los procesos fisiopatológicos inherentes a cada una de ellas y que en consecuencia producen alteración en las funciones del sistema nervioso⁴³. Esto implica que se relaciono con expresiones funcionales alteradas de diferentes complejidades y con el aprendizaje en las etapas preescolares y escolares.

La presencia de la secuela neuropsicológica no determinó el comportamiento en la adquisición de la lengua escrita, porque independientemente de la severidad la mayoría de los casos lograron el periodo operatorio y únicamente en cuatro casos, que corresponden a los de mayor edad, se observó un ritmo lento en la adquisición. La utilización de formas más detalladas de clasificar las secuelas neuropsicológicas en las etapas señaladas quizás nos permitiría encontrar asociaciones específicas con el desarrollo de la lengua escrita y dar explicaciones en términos de los sustratos implicados así como sus posibles implicaciones a largo plazo. Dado que la secuela neuropsicológica se modifica con el tiempo asociada a otras variables sociales o biológicas, los niños después pueden pre-

sentar dificultades en la lecto-escritura como omisiones, inversiones y sustituciones de fonemas de sílabas o palabras, descritas en patologías como la dislexia; y en las nociones lógico matemáticas inversión de números, dificultades en la noción de cantidad, y dificultad en la solución de operaciones aritméticas básicas descritas en patologías como la acalculia.

CONCLUSIÓN

Se puede afirmar que el componente P300 es un indicador neurofisiológico de los procesos de atención que subyacen a la génesis de procesos cognoscitivos, sin perder de vista que son organizaciones funcionales de diferente complejidad. Un análisis profundo de la morfología del componente P300 permitirá aproximarnos al conocimiento de cuáles son los sustratos fisiológicos del mismo y cuál es el papel de las variables que alteran el desarrollo, la función del sistema nervioso y su relación con diversos procesos cognoscitivos.

A lo largo del desarrollo el niño con antecedente de encefalopatía neonatal, los factores biológicos, sociales y culturales modificarán la expresión de la secuela neuropsicológica y la ejecución de aprendizajes como la lecto-escritura y manejo del número natural con sus operaciones. Los desfases en la adquisición elemental del número natural y de la lengua escrita en los primeros años de educación primaria repercutirán en el uso de estas herramientas para consolidar y adquirir nuevos conceptos.

Es necesario implementar tareas experimentales en el contexto psicogenético que se realicen a la par de evaluaciones neurofisiológicas, incluida la P300, para establecer si existe una relación directa con los procesos de adquisición de la lengua escrita y las nociones del número natural, que a su vez permitan explorar la relación entre las bases neurofisiológicas y los aprendizajes escolares de los niños con antecedentes de riesgo neurológico.

REFERENCIAS

1. Fily A, Pierrat V, Delparte V, Breart G, Truffert P. Factors Associated with neurodevelopmental outcome at 2 years after very preterm birth: the population-based nord-pas-de-calais EPIPAGE cohort. *Pediatric* 2006;117:357-66.
2. Chuan-Yu C, Chieh-Yu L, Wen-Chuan S, Su-Ling H, Keh-Ming L. Factors associated with the diagnosis of neurodevelopmental disorders: a population-based longitudinal study. *Pediatrics* 2007;119:435-43.
3. Falcão A, Silva R, Fernandes A, Brito M, Brites D. Influence of hypoxia and ischemia preconditioning on bilirubin damage to astrocytes. *Brain Res* 2007;14(1149):191-9.
4. Pascual J, Koenigsberger M. Parálisis cerebral, factores de riesgo prenatales. *Rev Neurol* 2003;37: 275-80.
5. Penela-Vélez M, Gil-López S, Martín-Puerto M, Romero-Escós M, Herrera-Martín M, Urbón-Artero A. A descriptive study of perinatal asphyxia and its sequelae. *Rev Neurol* 2006;43:1,3-6.
6. Van Handel M, Swaab H, De Vries L, Jongmans M. Long-term cognitive and behavioral consequences of neonatal encephalopathy following perinatal asphyxia: a review. *Eur J Pediatr* 2007;166(7):645-54.
7. Polich J. Meta analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology* 1996; 33:334-53.
8. Taylor M. The role of event-related potentials in the study of normal and abnormal cognitive development. *Handbook of neurophysiology*. Amsterdam. Boller and Grafman 1995.
9. Smeyers P. Estudios de potenciales evocados en niños con síndrome por déficit de atención e hiperactividad. *Rev Neurol* 1999;28(2): 173-6.
10. Herrmann C, Knight R. Mechanism of human attention: event related potentials and oscillations. *Neurosci Biobehavioral Reviews* 2001;25:465-76.
11. Molfese D, Molfese V, Key S, Modglin A, Kelley S, Terrel S. Reading and cognitive abilities: longitudinal studies of brain and behavior changes in young children. *Ann Dyslexia* 2002; 52:99-119.
12. Idiazábal M, Palencia-Taboada A, Sangorrín A, Espadaler-Gamissans J. Potenciales evocados cognitivos en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Rev Neurol* 2002;34(4): 301-5.
13. Polich J, Herbst K. P300 as a clinical assay: rationale, evaluation, and findings. *Inter J Psychophysiol* 2000;38:3-19.
14. Fjell A, Walhovd K. Effects of auditory stimulus intensity and hearing threshold on the relationship among P300, age, and cognitive function. *Clin Neurophysiol* 2003;114: 799-807.
15. Knight R, Scabini D, Woods D, Clayworth C. Contributions of temporal-parietal junction to the human auditory P300. *Brain Res* 1989;502:109-16.
16. Polich J. On the correlation between P300 amplitude and latency. *Bol Psychonomic Soc* 1992;30(1):5-8.
17. Hirayasu Y, Samura M, Ohta H, Ogura Ch. Sex effects on rate of change of P300 latency with age. *Clin Neurophysiol* 2000; 111:187-94.
18. Frodl T, Meisenzahl EM, Müller D, Leinsinger G, Juckel G, Hahn K, et al. The effect of the skull on event-related P300. *Clin Neurophysiol* 2001;112:1773-6.
19. Polich J. P300 from a passive auditory paradigm. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1989;74:312-20.
20. Hansell N, Wright M, Geffen G, Geffen L, Smith G, Martin N. Genetic influence on ERP slow wave measures of working memory. *Behavior Genetics* 2001;31:6:603-14.
21. El Yagoubi R, Lemaire P, Besson M. Different brain mechanisms mediate two strategies in arithmetic: evidence from event-related brain potentials. *Neuropsychol* 2003;41:855-62.
22. Regtvoort A, Leeuwen T, Stoel R, Leij A. Efficiency of visual information processing in children at-risk for dyslexia: habituation of single-trial ERPs. *Brain Language* 2006;98:319-31.
23. Robaey P, Cansino S. A comparative study of ERP correlates of psychometric and piagetian intelligence measures in normal and hyperactive children. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1995;96:56-75.
24. Piaget J. La formación del símbolo en el niño. México: FCE;1990.
25. Fletcher T, Klingler C. A Mexican perspective on learning disabilities. *J Learning Disabilities* 1995;28(9):530-534-44.
26. Ferreira E, Gómez-Palacio M. Nuevas perspectivas sobre los procesos de lectura y escritura. México: Siglo XXI; 1982.
27. Bolea M. El concepto de número. *Ethos educativo* 2000;2:78-88.

28. Facioetti A, Lorusso M, Cattaneo C, Galli R, Molteni M. Visual and auditory attentional capture are both sluggish in children with developmental dyslexia. *Acta Neurobiol Exp* 2005;65:61-72.
29. Vila E, Barbero M. The locus of deficits in dysphonemic dyslexia: an ERP analysis. *Psicothema* 2006;12(1):79-85.
30. Heinze H, Münte T, Kutas M, Butler S, Naatanen R, Nuwer M, Goodin D. Cognitive event-related potentials electroenceph. *Clin Neurophysiol* 1999;52:91-7.
31. Gómez M, Cárdenas M. Propuesta para el aprendizaje de la lengua escrita. México: SEP;1984.
32. Wechsler D. Wechsler intelligence scale for children- third edition. New York: Psychological; 1991.
33. Campistol J. El recién nacido de riesgo neurológico. Análisis de las secuelas neuropsicológicas, cuadernos de paidopsiquiatría. Barcelona: Alertes; 1997.
34. Vilhena E, Paiva L, Rodrigues H, Martins-da Silva A, Mendonça D. Variaciones fisiológicas de los potenciales cerebrales auditivos ERP300 en adultos jóvenes. Análisis secuencial. *Rev Neurol* 2005; 41:10: 633-5.
35. Arrabal-Terán M, Mateos-Mateos R, Valle-Trapero M, Pérez-Serrano J, Martínez-Arias R, Arizcun-Pineda E. Estudio de potenciales evocados cerebrales en niños de muy bajo peso al nacimiento. *Rev Neurol* 2004; 39:2:105-8.
36. Hernández-Muela S, Mulas F, Mattos L. Plasticidad neuronal funcional. *Rev Neurol* 2004;38: 1: 58-68.
37. Benítez-Bribiesca L, De la Rosa-Álvarez I, Mansilla-Olivares, A. Dendritic spine pathology in infants with severe protein-calories malnutrition. *Pediatrics* 1999; 104:1-6.
38. Weisz J, Zigler E. Cognitive development in retarded and nonretarded persons: Piagetian of similar sequence hypothesis. *Psychological Bulletin* 1979, 86: 831-51.
39. Tefft D, Guerette P. Cognitive predictors of young children's readiness for powered mobility. *Developmental Medicine & child neurology* 1999;41: 665-70.
40. Piaget J. Génesis de las estructuras lógicas elementales. Clasificaciones y seriaciones. Buenos Aires: Guadalupe;1991.
41. Sinclair H. El desarrollo de la escritura: Avances, problemas y perspectivas. In Ferreiro E, Gómez-Palacio M. Nuevas perspectivas sobre los procesos de lectura y escritura. México: Siglo XXI; 1982.
42. Piaget J, García R. Hacia una lógica de significaciones. México: Gedisa;1989.
43. Volpe J. Neurology of the new born. USA:W.V. Saunders; 2001.