

# POTENCIALES CEREBRALES RELACIONADOS CON CATEGORIZACIÓN LÓGICA EN HUMANOS: ESTUDIO DESCRIPTIVO Y PLANTEOS EXPERIMENTALES

## BRAIN POTENTIALS ASSOCIATED WITH LOGIC CATEGORIZATION IN HUMANS: DESCRIPTIVE STUDY AND EXPERIMENTAL ISSUES

*Tabullo, Angel<sup>1</sup>; Pérez Leguizamón, Patricio<sup>2</sup>; Sánchez, Federico<sup>3</sup>;  
Galeano, Pablo<sup>3</sup>; Segura, Enrique<sup>4</sup>; Yorio, Alberto<sup>5</sup>*

### RESUMEN

El presente trabajo investiga desde un abordaje "biocomportamental" aspectos electroneurofisiológicos correlativos al aprendizaje de categorías lógicas en sujetos humanos sanos. Se empleó la técnica de potenciales relacionados a eventos (PREs) para registrar la actividad electrofisiológica de los sujetos durante la realización de una tarea de relaciones de equivalencia (Sidman, 1982). Como resultado, pudo observarse la siguiente sucesión temporal relacionada con los estímulos de comparación: un potencial visual temprano en la región occipital, luego un componente negativo en la región frontal y otro positivo tardío parietal. Finalmente, en sincronía con las respuestas, se obtuvo un componente negativo lateralizado en la región central. Se discute el significado funcional de los potenciales identificados, y se propone como planteo experimental examinar la correspondencia temporal de los distintos componentes PREs entre sí y con el tiempo de respuesta, como dispositivo experimental para el estudio de aspectos funcionales y estructurales del comportamiento complejo en humanos.

### Palabras clave:

Categorías - Clases de equivalencias - Emparejamiento con la muestra - Potenciales relacionados con eventos

### ABSTRACT

The present work investigates electroneurophysiological aspects of logical category learning in healthy human subjects, from a biocomportamental standpoint. Event - related potentials method (ERPs) was used to measure subject's electric brain activity, while performing an equivalence relations task (Sidman, 1982). As a result, the following temporal succession was observed in association with the comparison stimuli: an early visual potential in the occipital region, then a negative potential in the frontal region and a late parietal positivity. Finally, a lateralized central negativity was observed, in synchrony with the subject's answers. The functional meaning of the observed ERPs is discussed, and it is proposed to examine the correspondence between different ERP components timing and reaction times, as an experimental device for the study of functional and structural aspects of complex behavior in humans.

### Key words:

Categories - Equivalence classes - Match to sample - Event related potentials

<sup>1</sup> *Becario Estímulo. Facultad de Psicología. UBA.*

<sup>2</sup> *Ayudante Docente y de Investigación. Cátedra Neurofisiología II. Facultad de Psicología. UBA.*

<sup>3</sup> *Miembro de la Escuela de Ayudantes, Cátedra Neurofisiología II. Facultad de Psicología. UBA.*

<sup>4</sup> *Profesor Consulto, Área de Psicobiología. Facultad de Psicología. UBA. Jefe del Laboratorio de Biología del Comportamiento. Instituto de Biología y Medicina Experimental CONICET.*

<sup>5</sup> *Profesor Titular, Cátedra de Neurofisiología II. Facultad de Psicología. UBA. Profesional Principal del Laboratorio de Biología del Comportamiento. Instituto de Biología y Medicina Experimental CONICET.*

## INTRODUCCIÓN

Keller y Schoenfeld (1950) definen al concepto o categoría como un grupo de objetos que obtienen la misma respuesta, es decir, una clase de estímulos que ocasionan conductas comunes en un contexto dado. Dentro del campo del análisis del comportamiento, uno de los abordajes para el estudio del aprendizaje de categorías es el paradigma teórico y experimental de las clases de equivalencia, propuesto por Murray Sidman (1982, 1994, 2000). Las clases de equivalencia se establecen al entrenar una serie de relaciones arbitrarias en un conjunto de estímulos, mediante procedimientos de emparejamiento con la muestra ("matching to sample"). La relevancia del estudio de las relaciones de equivalencia consiste en que la habilidad de establecer relaciones emergentes entre estímulos (además de las relaciones condicionales entrenadas) podría constituir la base de la capacidad simbólica y la construcción de sistemas conceptuales.

El procedimiento consiste en presentar un estímulo de muestra seguido de dos o más estímulos de comparación, y reforzar la selección de los estímulos de comparación de acuerdo al estímulo de muestra (que actúa como contexto). Por ejemplo, se refuerza la selección de una línea vertical al presentar un cuadrado como estímulo de muestra; pero cuando se presenta un triángulo, es reforzada la elección de una línea horizontal (ver figura 1). Posteriormente se entrenan relaciones adicionales, reforzando la selección de una letra "sigma" cuando se presenta la línea vertical, y la de una letra "pi" al ser presentada la línea horizontal. El sujeto entrenado de esta forma a relacionar un estímulo  $A_i$  (en el ejemplo el cuadrado), con un estímulo  $B_i$  (en el ejemplo, una línea vertical), y a ese estímulo  $B_i$  con otro estímulo  $C_i$  (por ejemplo, la letra griega "sigma"), exhibe como resultado las relaciones entrenadas:  $A_i \rightarrow B_i$  y  $B_i \rightarrow C_i$ , pero también verifica otras relaciones que no han sido reforzadas directamente. Estas relaciones constituyen los criterios de equivalencia: reflexividad (el sujeto relaciona cada estímulo consigo mismo, eligiendo  $A_i$  en presencia de  $A_i$ ,  $B_i$  en presencia de  $B_i$  y  $C_i$  en presencia de  $C_i$ ); simetría ( $B_i \rightarrow A_i$  y  $C_i \rightarrow B_i$ ), y transitividad ( $A_i \rightarrow C_i$ ). Se dice entonces que los estímulos  $A_i$ ,  $B_i$  y  $C_i$  constituyen una clase de equivalencia, en la que cada miembro es sustituible por el resto, y el aprendizaje vinculado a un miembro se transfiere a toda la clase.

En una perspectiva "biocomportamental" (Donahoe & Palmer, 1994), la conducta compleja en general y el estudio de la formación de categorías en particular, se aborda considerando estos fenómenos como resultados de un conjunto de eventos que ocurren a nivel conductual, micro-conductual y fisiológico. Este enfoque suplementa aquellas relaciones funcionales observables entre la conducta y el ambiente con relaciones funcionales que implican eventos intra-organísmicos observables, estudiados en su respectivo nivel de ob-

servación. Los hallazgos a nivel conductual son independientes de hallazgos a nivel neuroanatómico y fisiológico, aunque por supuesto, deben ser consistentes entre sí. De este modo, el análisis del comportamiento conceptual se completa con el de los correlatos neurales observados.

Las técnicas de promediación de segmentos de trazo electroencefalográfico, obtenidos en sucesivos ensayos de una tarea experimental, permiten obtener registros en tiempo real de la actividad eléctrica cerebral cortical vinculada con los eventos (estímulos, respuestas) de la tarea. En la actividad eléctrica cerebral que sucede a la presentación de estímulos, es frecuente distinguir los componentes PREs ("picos" o "valles" de la forma de onda) tempranos de los componentes tardíos. Los primeros ocurren dentro de los 200 milisegundos desde el inicio del estímulo y se han correlacionado con el procesamiento de las características físicas de los estímulos (llamados por eso "exógenos"). Estos componentes son específicos de la modalidad sensorial utilizada, aunque pueden presentar cambios por manipulación experimental (Hillyard y cols, 1978). La topografía cerebral corresponde a áreas de corteza sensorio-perceptiva. Los componentes que ocurren después de los 200 mseg. (llamados "endógenos"), han sido vinculados a procesos del SNC asociados con el comportamiento "conceptual". Estos componentes son "modalidad-inespecíficos" pero su ocurrencia depende críticamente de la manipulación experimental. La topografía cerebral corresponde a áreas de asociación principalmente frontal y parietal. El registro de PRE durante una tarea de emparejamiento con la muestra en la que se evalúe el aprendizaje de categorías puede ser de utilidad para investigar la forma en que las equivalencias entre clases se codifican en el sistema nervioso central. Las posibles correspondencias entre PRE y el desempeño en la tarea podrían servir para contrastar hipótesis sobre mecanismos cerebrales correlativos con procesos de categorización.

## OBJETIVOS

1. Identificar diferentes componentes de potenciales cerebrales relacionados con eventos de la tarea de categorización en humanos (PRE).
2. Obtener parámetros de los PRE (latencia, configuración, curso temporal, topografía cerebral) correlativos con los procesos subyacentes a la tarea de equivalencias de clase.

## SUJETOS Y MÉTODOS

### Participantes

Participaron de este estudio 8 voluntarios sanos de ambos sexos (4 mujeres), incorporados de los estudiantes del el Instituto de Medicina y Biología Experimental

(Conicet) y la Facultad de Psicología (UBA). El rango de edad fue entre 23 y 29 años, (media = 24,8). Todos los sujetos eran diestros y su visión era normal o con corrección óptica a normal. Los sujetos firmaron un consentimiento informado de su participación y se siguieron en forma estricta las recomendaciones de investigación con seres humanos (Declaraciones de Helsinki y Tokio, 1975).

### Procedimientos

En sesiones individuales por sujeto, de 45 minutos de duración, se efectuó: a) la habituación del sujeto con el ambiente e instrumentos del experimento, b) la administración de las consignas, c) el entrenamiento en la tarea, y d) la prueba de equivalencia. Durante la demostración del aprendizaje de equivalencias entre clases se efectuó el registro electroneurofisiológico.

En el entrenamiento se establecieron el aprendizaje de relaciones entre pares de figuras, sucesivamente A1,2 con B1,2 y B1,2 con C1,2. Las dos relaciones entre figuras A-B y B-C fueron entrenadas mediante ensayos del tipo A1-B1, A2-B2 y B1-C1, B2-C2, presentadas al azar en bloques de 30 ensayos consecutivos. Posteriormente las cuatro relaciones A-B y B-C fueron entrenadas en un mismo bloque de ensayos. El criterio de adquisición de la habilidad de discriminación fue de 9 respuestas consecutivas correctas en un bloque de 30 ensayos consecutivos. En la prueba de equivalencias se presentaron 128 ensayos de relaciones de simetría y transitividad combinadas (equivalencia) (Figura 1).

Para realizar las tareas de emparejamiento con la muestra del entrenamiento y prueba de equivalencia, los sujetos se encontraban sentados mirando al centro de la pantalla-monitor PC con los dedos índices de cada mano en contacto con dos teclas. Cada ensayo se iniciaba con un estímulo de muestra (duración 500 mseg.), seguido de una demora (2500 mseg.), luego de la cual se presentaban los estímulos de comparación (persistentes hasta la respuesta). La realimentación (mensajes de "acierto" o "error"), se presentó inmediatamente después de las respuestas. El intervalo entre ensayos fue de 3 segundos. Los estímulos de muestra y comparación fueron figuras de objetos artificiales (Wilson & Milan, 1995). La respuesta consistió en pulsar la tecla correspondiente al lado derecho o izquierdo de emparejamiento del estímulo de comparación. La tarea estaba programada en DMDX, y sincronizada con el registro electroneurofisiológico.

Para el registro electroneurofisiológico se colocaron 21 electrodos de contacto en cuero cabelludo de un sistema de registro poligráfico computadorizado (Akonic, modelo Bio-PC). Del trazado de electroencefalografía registrado durante la tarea se separaron los períodos correspondientes a cada ensayo (desde 200 mseg. antes de los estímulos de comparación. En forma separa-

da se realizaron los cómputos de los PREs relacionados con los estímulos, y de los PREs relacionados con la respuesta, promediando los períodos del trazado electroencefalográfico en fase con dichos eventos. Los registros PREs se compararon con registros en los que se presentaron los estímulos, pero sin realizar los sujetos las tareas de discriminación condicional ni el test de equivalencia.

### RESULTADOS

Por dificultades técnicas no se pudieron procesar todos los registros de 3 sujetos. Por consiguiente, los datos comportamentales y electrofisiológicos que se reportan corresponden a 5 sujetos.

#### Datos comportamentales

Con excepción de 1 sujeto, todos los participantes adquirieron las relaciones condicionales de la fase de entrenamiento con un mínimo de ensayos (8 a 9 por condición) y con escaso número de errores (0 a 3 en total). En un sujeto el número de errores en una de las condiciones de entrenamiento fue de 8, debiendo extender su entrenamiento en esa condición a 21 ensayos. En la fase de prueba, todos los sujetos demostraron relaciones de equivalencia (simetría y transitividad combinadas), con escaso número de errores (de 0 a 6%). El tiempo de reacción promedio en los ensayos de la fase de prueba fue de 708,16 + 123,84 mseg.

#### Datos electrofisiológicos

Los registros promediados en los cuales los sujetos no realizaron tareas experimentales, mostraron sólo un componente positivo de baja amplitud en la región occipital del encéfalo, alrededor de los 80 a 100 mseg. A continuación se describen los registros de PREs correspondientes a la prueba de equivalencia luego del entrenamiento. Los trazados sincronizados con los estímulos de comparación (por sujeto y el promedio del grupo) mostraron distintos componentes a distintas latencias respecto al inicio de la estimulación y con diferencias topográficas en el cuero cabelludo. En los electrodos occipitales (O1 y O2), a partir de los 80 mseg. se observa un complejo P1-N1-P2 con positividad máxima en 156,25 mseg., de morfología espigada. El campo eléctrico de estos componentes se extiende en los electrodos vecinos de la región posterior del encéfalo. En el electrodo frontal medial (Fz), se observa un componente negativo con latencia en 187,50 mseg., correspondiente al componente N200 (N2) por localización en la cabeza. Este componente se observa también en forma bilateral en los electrodos de las regiones prefrontales, temporales, centrales y parietales. En el mismo electrodo frontal medial (y en el central medial), puede también verse un componente positivo lento que comienza alrededor de los 350 mseg., alcanza el acmé

alrededor de los 430 mseg. y termina alrededor de los 500 mseg. Debido a su curso temporal, este componente se diferencia del que se describe a continuación. Finalmente, en el electrodo parietal medial (Pz) se observa un componente positivo con morfología de onda lenta, con inicio alrededor de los 380 mseg, máxima amplitud alrededor de los 500 mseg., y que se extiende hasta los 600 mseg.. Este componente se observa también, aunque con menor amplitud, en regiones tóporo parietales (T5, T6, P3, P4) (Figura 2).

Los registros de PREs (por sujeto y el promedio general del grupo) también fueron sincronizados con las respuestas y analizados separadamente según correspondieran a respuestas realizadas con la mano derecha o izquierda. Como resultado, se obtuvo en las regiones centrales y frontales un complejo negativo-positivo, que se inicia antes de la respuesta alrededor de los -200 mseg., alcanza la máxima negatividad en los -62.5 y cuya fase positiva se extiende varios mseg. posteriores a la ejecución de la respuesta. Estos complejos sincronizados con las respuestas se destacan en los electrodos centrales izquierdo y derecho (C3, C4), observándose también el electrodo central medio (Cz) (Figura 3).

En la tabla 1 se muestran en forma comparativa los valores de latencias de los distintos componentes PREs y el tiempo de reacción, a fin de examinar la correspondencia temporal entre los potenciales cerebrales entre sí y con el tiempo de respuesta. Puede observarse una sucesión temporal que se inicia con los componentes PEV en la región occipital, se continúa con el componente N2 frontal, seguido por el componente CPT parietal. Finalmente el componente NLP precede inmediatamente a la respuesta.

## DISCUSIÓN

Aunque los hallazgos reportados en este trabajo deben ser considerados preliminares, los resultados muestran que, durante una tarea de equivalencia por emparejamiento con la muestra, se verifican cambios significativos en el trazado electroneurofisiológico, que tienen lugar en distintos períodos después de presentados los estímulos de comparación. Del mismo modo, con la promediación reversa se observaron, además, cambios que preceden inmediatamente a las respuestas. Los registros promediados con estímulos visuales sin tarea pueden corresponder al componente P100 del potencial evocado visual (PEV), de observación común en los estudios de neurofisiología clínica. Los componentes PREs registrados durante la tarea de equivalencia de discuten a continuación.

Los componentes registrados de mayor amplitud en los electrodos occipitales pueden corresponder por configuración, topografía y latencia al complejo P1-N1-P2

que se observa en tareas de búsqueda visual por color, formas y/o localización espacial (Hillyard y cols. 1995). El componente negativo de mayor amplitud en el electrodo frontal medial, puede corresponder por configuración, topografía y latencia al componente N200 ó N2. Este componente se observa generalmente en la región frontotemporal cuando se producen cambios en una serie de estímulos, sin importar si los estímulos son ignorados o atendidos (Ritter y cols. 1984). Puede ser observado especialmente en tareas de clasificación que utilizan categorías semánticas (Ritter 1983). En este tipo de paradigmas, en que los cambios en los estímulos son relevantes a una tarea, el componente negativo N2 se acompaña de un componente positivo tardío, como se observa en nuestros registros. Dependiendo de las condiciones experimentales, puede existir una correlación elevada entre la latencia del componente N2 y el tiempo de reacción (Harter & Previc, 1978, Harter & Guido 1980). Se ha propuesto que el significado funcional de este componente es de "orientación atencional" a los estímulos desatendidos que lo provocan, o de discriminación de los estímulos atendidos (Renault y cols. 1982 Ritter y cols, 1979). En nuestro experimento, puede haber sido provocado por el pasaje del estímulo de muestra a los estímulos de comparación subsiguientes.

El componente positivo observado en el electrodo parietal medial (Pz) puede corresponder en latencia, configuración y topografía al componente positivo tardío (CPT) u onda "P300", descrita por Sutton en 1965, la cual tiene su tiempo de culminación cercana al tiempo de respuesta del sujeto, y se considera un índice de procesos post-perceptuales. El componente positivo tardío puede a su vez ser diferenciado por su latencia y topografía en el subcomponente P3a, de latencia mas temprana y predominio en región prefrontal, relacionado con detección de novedad (Baudena y cols., 1995), y el componente P3b, de latencia más tardía y predominio parietal, relacionado con la categorización de estímulos (Ranganath & Rainer, 2003). El componente positivo tardío, al presentar en determinadas condiciones elevada correlación con el tiempo de respuesta, complementa a esta variable como un indicador biocomportamental de los procesos intraorgánicos relacionados con la tarea o "cronometría mental" según otros (Mc Carthy & Donchin 1980).

Los componente PREs sincronizados con las respuestas, registrados en los electrodos centrales izquierdo y derecho (C3, C4), pueden corresponder por sus parámetros y características al "potencial de preparación" inicialmente descrito por Kornhuber & Deeke en 1965, y la "negatividad lateralizada de preparación motora" (NLP), descrita más recientemente por Coles y cols. (1988). Se considera un índice de activación de circuitos motores lateralizados de respuesta. Generalmente tiene un componente positivo que alcanza el acmé lue-



go de ejecutada la respuesta, como se observa en nuestros registros.

Estos resultados son parcialmente consistentes con los reportados por otros autores (Warren & McIlvane 1998, DiFiore y cols. 2000), quienes realizaron estudios con PREs con el objetivo de registrar componentes de la actividad eléctrica cerebral correlativos a clases de equivalencia en sujetos humanos normales. Luego de que los sujetos fueran entrenados para formar relaciones condicionales entre estímulos por emparejamiento con la muestra, la tarea experimental consistió en clasificar pares de estímulos como "relacionados" (cuando pertenecían a la misma clase de equivalencia) o "no relacionados". En los registros PREs se observaron componentes del tipo P300 asociados a los pares relacionados, y del tipo N400 asociados a los pares no relacionados. En nuestro protocolo experimental se describen en los estímulos relacionados, además del componente positivo tardío P300, otros componentes de diferente latencia, topografía y significación funcional.

Los resultados obtenidos pueden ser interpretados apelando a distintas perspectivas teóricas. Por un lado, desde el llamado "enfoque inferencial" de procesos cognitivos hipotéticos (Donahoe & Palmer, 1994), el registro de PREs obtenido con el paradigma de emparejamiento con la muestra ha sido propuesto como un protocolo para investigar distintas etapas del procesamiento de la información: a) codificación de la información del estímulo de muestra, b) almacenamiento temporario de la información durante la demora entre estímulos, c) codificación de los estímulos de comparación, d) recuperación y utilización de la información del estímulo de muestra, e) categorización y toma de decisión respecto a los estímulos que emparejan, e) selección y preparación de respuesta. Según esta perspectiva, el significado funcional de los distintos componentes es el de indicadores de los diferentes procesos cognitivos que median entre los estímulos y las respuestas (John y cols., 1996, Dobel y cols., 1998).

Por otra parte, hipótesis recientes acerca de la significación funcional de los componentes positivos y negativos de los PREs (Kotchoubey, 2005), proponen que la actividad eléctrica cortical en respuesta a estímulos se organiza en ciclos de polarización negativa y positiva, que corresponden a la acumulación y el consumo de recursos neuronales para su procesamiento. Los componentes positivos corresponderían a señales de "realimentación" inhibitorias hacia la red sensoriomotora, que media la selección de respuestas a los estímulos. Cuando se presenta un estímulo que corresponde con la expectativa del sujeto, su procesamiento concluye rápidamente y las neuronas corticales se repolarizan, generándose un potencial positivo. Por el contrario, cuando el estímulo no es congruente con la expectativa generada, se reclutan más recursos para su procesamiento, aumentando la despolarización cortical y gene-

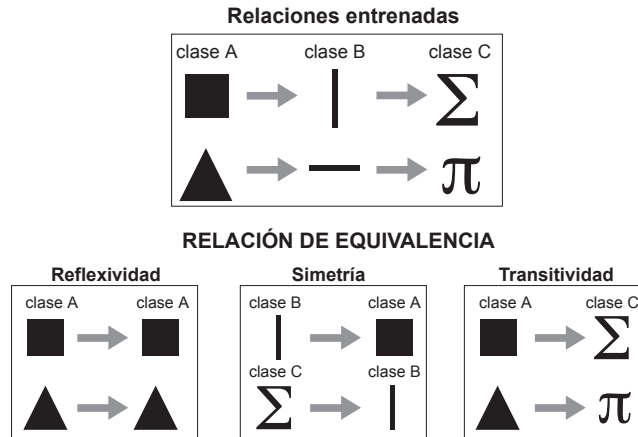
rándose un componente negativo. Este modelo podría aplicarse a la interpretación de nuestros resultados, con la ventaja de su plausibilidad biológica. No obstante, resultarían necesarias nuevas investigaciones antes de poder proponer una explicación definitiva.

Con todo, el planteo de aumentar la potencia analítica de las técnicas cronométricas considerando otros fenómenos que ocurren en la secuencia temporal entre el estímulo y la respuesta (tales como los PREs aquí reportados), tiene asidero aún sin hacer referencia a los procesos mentales de procesamiento de la información. En el protocolo de relaciones de equivalencia por emparejamiento con la muestra, una de las variables dependientes utilizada es el tiempo de reacción (latencias de la respuesta a los estímulos de comparación) (Green & Saunders 1998), que algunos autores han utilizado en estudios cronométricos de emparejamiento condicional en el marco de una teoría de redes relacionales de las clases de equivalencia (Hayes & Bisset 1998). Con el propósito de testear hipótesis acerca de la existencia de distintas redes semánticas para diferentes relaciones de equivalencia se han realizado estudios en los cuales se utilizan no sólo los tiempos de reacción sino también parámetros de los PREs (Barnes Holmes 2005a y b).

Para concluir, nos interesa destacar tres rasgos característicos del enfoque biocomportamental mencionado anteriormente: (1) apela a eventos conductuales y fisiológicos que han sido investigados previamente, evitando la especulación sin evidencia; (2) las condiciones del evento a explicar y las de aquellos previamente investigados son similares, (3) requiere de métodos formales, tales como las "redes neuronales", para efectuar simulaciones que, basadas en las evidencias biocomportamentales, aumenten la consistencia y poder predictivos de las teorías del comportamiento complejo (Donahoe 2002).

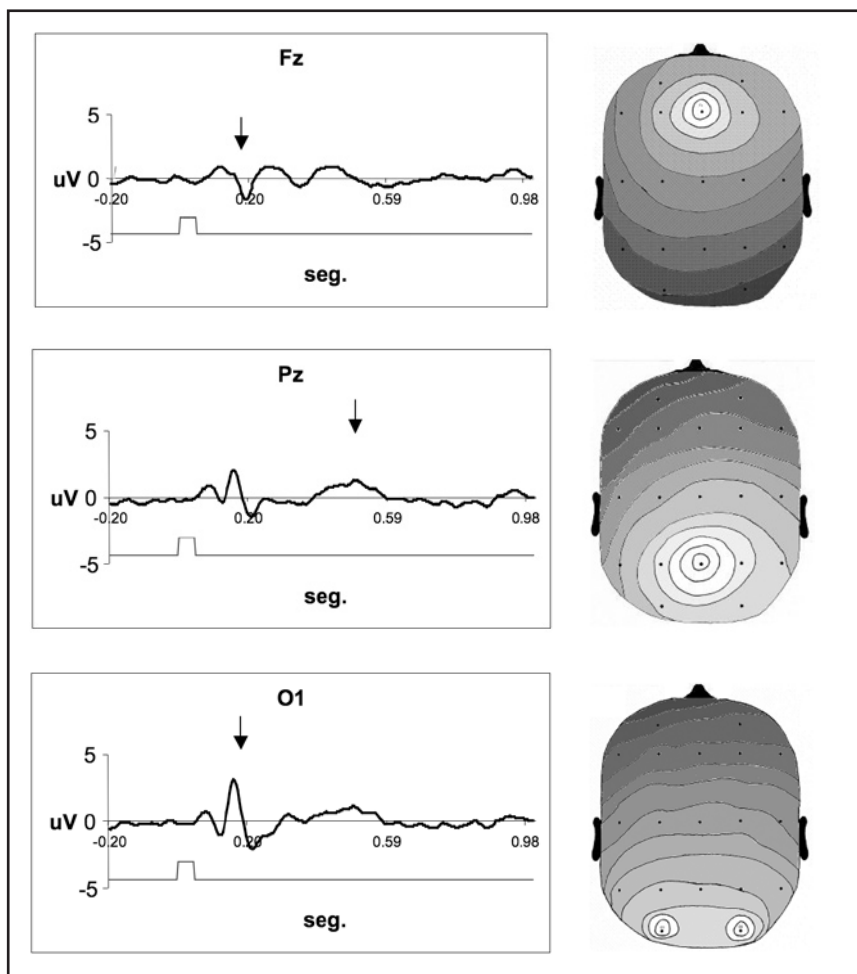
**FIGURA 1.**

La relación de equivalencia: relaciones entrenadas ( $A_i \rightarrow B_i, B_i \rightarrow C_i$ ) y derivadas reflexividad ( $A_i \rightarrow A_i, B_i \rightarrow B_i, C_i \rightarrow C_i$ ), simetría, ( $B_i \rightarrow A_i, C_i \rightarrow B_i$ ), transitividad ( $A_i \rightarrow C_i$ ) y simetría y transitividad combinadas ( $C_i \rightarrow A_i$ ). El subíndice  $i$  indica el número particular de los estímulos de muestra y comparación relacionados por reforzamiento ( $i = 1 \text{ ó } 2$ ).



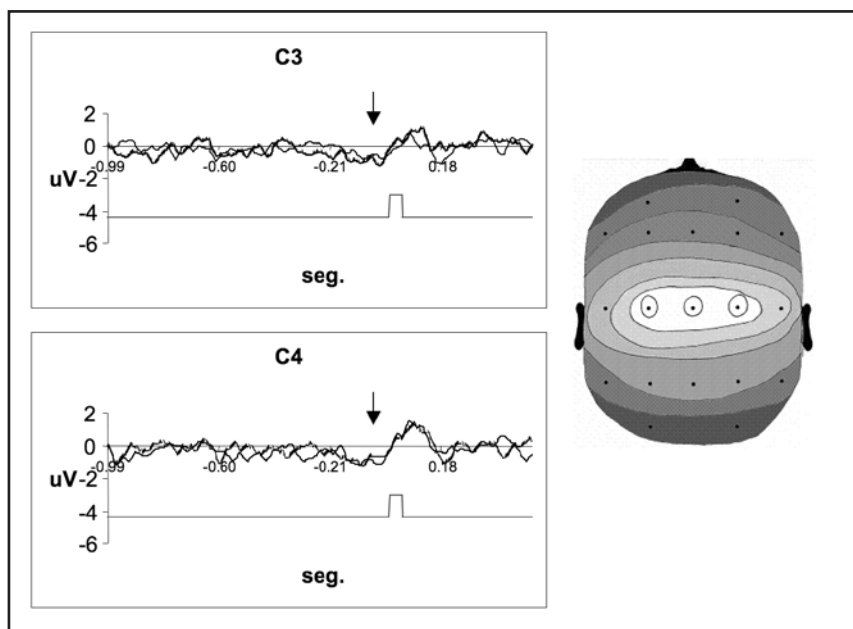
**FIGURA 2.**

Registro de los componentes sincronizados con los estímulos: cerca de los 0.15 segs. post-estímulo el “potencia evocado visual” (PEV) en región occipital (O1), alrededor de los 0.2 segs. la “negatividad 2” (N2) en región frontal, y entre 0.35 y 0.60 segs el “componente positivo tardío”, en región occipital. En los gráficos de la izquierda, el trazo inferior indica el inicio de los estímulos. En los gráficos de la derecha, las tonalidades más claras indican mayor magnitud del potencial, independientemente de su polaridad.



**FIGURA 3.**

Registro del componente “negatividad lateralizada de preparación motora” (NLP). En C3: mano derecha —, mano izquierda ----- . En C4 mano derecha ----- mano izquierda —. En los gráficos de la izquierda, el trazo inferior indica el inicio de la respuesta. En el gráfico de la derecha, las tonalidades más claras indican mayor magnitud del potencial, independientemente de su polaridad



**Tabla 1.**

Valores medios de latencias de los componentes PREs y del tiempo de reacción-

Eventos cerebrales y comportamentales	Latencias (promedio y desvío en milisegundos)
P2 del complejo N1-P2	143.55 ± 14.45
N2	183.40 ± 36.39
CPT (P3a)	391.68 ± 48.60
CPT (P3b)	485.16 ± 36.16
NLP	-110.55 ± 94.53*
Tiempo de reacción	708.16 ± 123.84

\* antes de la respuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barnes-Holmes, D.; Regan, D.; Barnes-Holmes, Y.; Commins, S.; Walsh, D.; Stewart, I.; Smeets, P.M.; Whelan, R. & Dymond, S. (2005b). Relating derived relations as a model of analogical reasoning: Reaction times and event-related potentials. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 84: 435-451.
- Barnes-Holmes, D.; Staunton, C.; Whelan, R.; Barnes-Holmes, Y.; Commins, S.; Walsh, D.; Stewart, I.; Smeets, P.M. & Dymond, S. (2005a). Derived stimulus relations, semantic priming, and event-related potentials: testing a behavioral theory of semantic networks. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 84: 37-84.
- Baudena, P.; Halgren, E.; Heit, G. & Clarke, J.M. (1995). Intracerebral potentials to rare target and distractor auditory and visual stimuli. III. Frontal cortex. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 94: 251-264.
- Coles, M.G.H, Gratton, G. & Donchin, E. (1988). Detecting early communication using measures of movement related potentials to illuminate human processing. *Biological Psychology*, 26: 69-89.
- Deutsch, C.K.; Oross, S.P.L.; Di Fiore, A.W. & McIlvane, W.J. (2000). Measuring brain activity correlates of behavior: A methodological overview. *Experimental Analysis of Human Behavior Bulletin*, 18: 36-42.
- Dobel, C.; Hauk, O.; Zobel, E.; Eulitz, C.; Pulvermuller, F.; Cohen, R.; Sconle, P.W.; Elbert, T. & Rocstroh, B. (1998). Monitoring brain activity of human subjects during delayed matching to sample tasks comparing verbal and pictorial stimuli with modal and cross-modal presentation: An event related potential study employing a source reconstruction method. *Neuroscience Letters*, 253: 179-182.
- Donahoe, J.W. & Palmer, D.C. (1994). *Learning and Complex Behavior*. Allyn & Bacon: Boston.
- Donahoe, J.W. (2002). Behavior analysis and neuroscience. *Behavioral Processes* 57: 241-259.
- Green, G. & Saunders, R.R. (1998). Stimulus equivalence. En Lattal & Perone. *Handbook of Research Methods in Human Operant Behavior*. Plenum Press. New York. Pa. 229-262.
- Harter, M.R. & Guido, W. (1980). Attention to pattern orientation: Negative cortical potentials, reaction time and the selection process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49: 461-475.
- Harter, M.R. & Previc, F.H. (1978). Attention to pattern orientation: Negative potentials, reaction time, and the selection process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45: 628-640.
- Hayes, S.C. & Bisset, R. Y. (1998). Derived stimulus relations produce mediated and episodic priming. *The Psychological Record*, 48: 617-630.
- Hillyard, S.A.; Mangun, G.R.; Woldorff, M.G. & Luck, S.J. (1995). Neural systems mediating selective attention. En M.S. Gazzaniga (ed.) *The Cognitive Neurosciences*. The MIT Press. London.
- Hillyard, S.A.; Picton, T.W. & Regan, D. (1978). Sensation, perception and attention: Analysis using ERPs: En E. Collaway, P. Tueting & S.H Koslow (eds.). Academic Press. New York.
- John, E.R.; Easton, P.; Insenhart, R.; Allen, P. & Gulyashar, A. (1998). Electrophysiological analysis of the registration, storage and retrieval of information in delayed matching from samples. *International Journal of Psychophysiology*, 24: 127-144.
- Kornhuber, H.H & Deeke, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei willkürbewegungen und passiven bewegungen des menschen: Bereitschaftspotential und reafferent potentiale. *Pfluegers Arch. Gesante Physiol.*; 284: 1-17.
- Kotchoubey, B. (2006) Event-related potentials, cognition, and behavior: A biological approach. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 30: 42-95.
- Luck, S.J (2005). Ten simple rules for designing and interpreting ERP experiments. En T.C. Handy (ed.) *Event-Related Potentials: A Methods Handbook*. Pp. 17-32
- McCarthy, G. & Donchin, E. (1980). A metric of thought: A comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211: 77-79.
- Renault, B.; Ragot, R.; Leserver, N. & Remond, A. (1982). Brain events: Their onset and offset as indices of mental chronometry. *Science* 215: 1413-1415.
- Ritter, W.; Ford, J.M.; Gaillard, A.W.K.; Russell, M.; Kutas, M.; Naatanen, R.; Polich, J.; Renault, B.; & Rohrbaugh, J. (1984). Cognition and Event-Related Potentials. I. The Relation of Negative Potentials and Cognitive Processes. En R. Karrer, J. Cohen and P. Tueting (eds.). *Brain and Information: Event-Related Potentials*. The New York Academy of Sciences, New York. Pp. 24-38.
- Ritter, W.R.; Simson, H.G.; Vaughan, H.G. & Friedman (1979). A brain event related to the making of a sensory discrimination. *Science* 203: 1358-1361.
- Ritter, W.R.; Simson, R. & Vaughan, H.G. (1983). Event-related potentials and two sequential stages of information processing in physical and semantic discrimination. *Psychophysiology*, 20: 168-179.
- Sidman, M. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research story*. Author's Cooperative Inc. Publishers. Boston.
- Sidman, M. (2000). Equivalence relations and the reinforcement contingency. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 74: 127-146.
- Sidman, M.; & Tailby, W. (1982). Conditional discrimination vs. matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37, 5-22.
- Wilson, K.M. & Milan, M.A. (1995). Age differences in the formation of equivalence classes. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 50B: 212-218.

Fecha de recepción: 7 de febrero de 2007

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2007